

Gebirgsflussregulierungsstudien

im oberen Gailgebiete in Kärnten, während der Herbsthochwässer des Jahres 1882.

Von Dipl. Ing. **Martin Kovatsch**, k. k. Professor.

A. Allgemeines über das Gailgebiet.

Die Gailthaler Alpen, welche bei Sillian in Tirol von den karnischen Alpen abzweigen, bilden bis zur Dobratschgruppe (Villacher Alpen), in der östlichen Streichungsrichtung, die Scheidewand zwischen den Thalfurchen der Drau und der Gail. In der südöstlichen Fortsetzung der karnischen Alpen hingegen ist das, als Doppelthal bekannte Canalthal eingeschnitten. Zwischen Sillian und dem Dobratsch liegen demnach drei von West nach Ost streichende Gebirgsthäler. Das südlichste derselben, das Canalthal, mündet mit dem an der Saifnitzerwasserscheide beginnenden östlichen Zweige bei Arnoldstein in das Gailthal, und das letztere östlich von Federaun in das Drauthal ein.

Die Situation, die geologischen und sonstigen Verhältnisse des Gailthales sind dem Aufsätze „Die Gailregulierung in den Hochwasser-Katastrophen vom Herbst 1882“ von Bauleiter Grueber *) beigegeben, auf diese wird, soweit die folgenden Betrachtungen nicht durch eigene Zeichnungen unterstützt sind, auch später hingewiesen werden.

Nebst zahlreichen und sehr thätigen Wildbächen, nimmt der Gailfluss**) nur zwei grössere Zuflüsse: den Gösseringbach bei Hermagor und die Gailitz bei Arnoldstein auf.

Vom Ursprunge bei Leiten im Lessachthale (Meereshöhe 1518 m) an, durchfliesst die Gail in einer 130.6 km langen Flussspur ein Längenthal und mündet unterhalb Perau bei Villach (Meereshöhe 481.5 m) in die Drau. Der Höhenunterschied zwischen Quelle und Mündung beträgt 1036.5 m.

Das Gailthal ist der Länge nach in der Natur durch drei charakteristische Thalabschnitte gekennzeichnet und zwar:

1. Das Lessachthal (Quellengebiet zugleich Oberlauf der Gail) beginnt am Ursprunge bei Leiten und endet nach der Fallhöhe von 804.55 m mit der Länge von 39 km am Wetzmannwehr. (Schwelle desselben 713.445 m ü. d. M.) Dieses Hochthal ist unausgebildet, die schmale Sohle desselben nimmt der Fluss stellenweise ganz ein. Das culturfähige Gelände der Wohnstätten ist am Fusse der beiden, nach der Thalsole steil abfallenden Gehänge vertheilt.

2. Das eigentliche Gailthal (Mittellauf des Gailflusses) schliesst sich am Wetzmannwehr, wo zwischen Mauthen und Kötschach die Thalwände plötzlich weit auseinander treten, an das Lessachthal und es endet in der Nähe der Gailitzmündung. Die fruchtbare, stellenweise sehr breite Sohle dieses Thalabschnittes ist stark bewohnt. Das Gelände des Thalbodens wird durch viele von Wildbächen vorgeschobene bedeutende Schuttkegel unterbrochen,

die grosse Geschiebszufuhr machte den Gailfluss verwildern. Das vorgeschrittene Bildungsstadium des in das obere Gailthal von rein deutscher (von Wetzmannwehr bis Hermagor) und in das untere Gailthal getheilten, von slavischer Bevölkerung bewohnten, Thalabschnittes, gibt mit dem fruchtbaren Boden, den schön configurirten meistens bewaldeten Thalgehängen ein äusserst interessantes Landschaftsbild.

3. Der Mündungsthalabschnitt der Gail bezieht sich auf den Unterlauf des Flusses; derselbe beginnt bei der Gailitzmündung und mündet östlich von Federaun in das Drauthal. Diese Thalstrecke ist breit, im Norden von der Dobratschgruppe, im Süden von den Karawanken eingeschlossen. Zwischen Förk und Unterschütt rauscht die Gail über die Gesteinsmassen des bekannten Dobratschsturzes dahin. Das vom Bergsturze herrührende Gelände am Fusse des Dobratsch führt den volksthümlichen Namen „Die Schütt“.

Die beiden letzten, zwischen dem Wetzmannwehr (Meereshöhe der dortigen Wehrschwelle 713.445 m) und der Mündung bei Perau (Meereshöhe 481.5 m) gelegenen Abschnitte des Gailthales, welche Flusstrecke gegenwärtig regulirt wird, haben zusammen die Länge von 91.60 km mit dem Höhenunterschiede von 231.944 m. Demnach beträgt das relative Gefälle dieser Flusstrecke 1:394 rund 1:400. Mit Rücksicht auf die ganze Flusslänge von 130.6 km, und den Höhenunterschied zwischen Ursprung und Mündung von 1518 — 481.5 = 1036.5 m beträgt dasselbe rund 1:132.

Vom Interesse wären noch folgende Höhenpunkte des Flusslaufes:

Die Schwelle am Wetzmannwehr . .	713.445 m ü. d. M.
Die Mündung des Valentinbaches . .	679.949 „
„ „ „ Danielbaches . .	653.721 „
„ „ „ Dellachbaches . .	644.244 „
„ „ „ Stranigbaches . .	613.575 „
„ „ „ Rattendorferbaches .	591.475 „
„ „ „ Osselitzenwild-	
„ „ „ baches . . .	585.785 „
„ „ „ Gösseringbaches . .	569.985 „
„ „ „ Vorderbergbaches .	552.285 „
„ „ „ Nötschbaches . .	546.597 „
„ „ „ Gailitzbaches . .	541.225 „
Der Nullpunkt des Federaunerpegels .	499.197 „
Mündung der Gail in die Drau . .	481.501 „

4. Niederschlagsgebiet. Das Abflussgebiet der Gail entspricht der Gesamtfläche von . . . 1399.6 km²

Davon entfallen:

a) Auf das Gebiet des Lessachthales bis zum Wetzmannwehr 337.5 „

*) Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architektenvereines, I. Heft, Jahr 1883.

**) „Gail“ von angailen; ein Ausdruck, welcher von den dortigen Bewohnern für das Andüngen gebraucht wird. Der Fluss führt zu Regenzeiten sehr fruchtbaren Schlamm mit sich.

Name der Beobachtungs- station	Meereshöhe in Meter		Niederschlag in Monatsmitteln																	Jahres-Summe
	Jahrl. der Beobachtungsjahr																			
			December	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	Winter	Frühjahr	Sommer	Herbst		
Millimeter																				
Südabfall der Alpen (Venetien).																				
Cervento	—	31	120	111	97	91	163	152	232	215	161	198	239	299	329	406	609	731	2075	
Spilimbergo	—	6	97	128	111	86	104	124	180	163	102	135	185	141	292	264	444	461	1461	
Tolmezzo	386	25	176	145	140	129	191	191	206	227	177	183	229	265	461	512	610	765	2348	
Udine	110	40	105	96	75	80	117	147	167	166	188	166	180	148	276	344	466	493	1579	
Canalthal in Kärnten.																				
Saifnitz	817	25	98	79	61	112	105	120	129	186	198	146	107	229	337	403	591	1360		
Raibl	981	7	155	188	82	140	160	124	182	152	229	205	275	195	376	424	563	676	2038	
Süd-Tirol.																				
Botzen	289	5	37	84	20	38	80	109	49	89	81	63	82	47	91	238	219	193	731	
Trient	190	10	68	70	65	75	56	77	101	84	95	93	99	110	203	208	301	993		
Roveredo	208	7	41	67	25	114	69	94	108	71	83	82	132	106	182	277	257	320	986	
Tirol.																				
Toblach	1263	2	49	46	8	26	41	64	146	168	108	50	43	188	99	131	412	282	873	
Drauthal in Kärnten.																				
Berg	711	2	56	39	31	93	78	165	117	118	81	186	123	162	92	126	337	380	1145	
Sachsenburg	546	14	60	33	23	59	66	187	117	118	126	131	123	90	136	262	356	344	1098	
Gailthal in Kärnten.																				
Luggau	1143	3	66	141	18	109	113	110	117	135	125	164	128	97	224	332	376	389	1922	
Cornat	1040	5	165	77	74	78	112	124	168	136	156	88	135	142	316	314	460	415	1505	
Tröpelach	593	15	73	118	58	124	126	187	147	165	109	226	219	210	197	280	342	429	1248	
Wärmlach	713	4	55	159	32	159	174	156	184	178	164	129	226	127	246	495	496	481	1713	

Ein Theil dieses Beobachtungsmateriales wurde der Abhandlung: „Ueber die Vertheilung des Regens im Alpengebiete von Wien bis Marseille von Victor Raulin, Professor an der Faculté des sciences zu Bordeaux, Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie. Seite 233, Jahr 1879“ — entlehnt.

b) Auf das Zuflussgebiet des Gailitzbaches (zwischen der Saifnitzerwasserscheide, den Wasserscheidenzuge des Raiblerthales und der Gailitzmündung 218·4 km²

c) Auf das eigentliche Gailgebiet zwischen dem Wetzmannwehr und der Gailmündung bei Perau 843·7 „

5. Meteorologische Verhältnisse. Das Gailgebiet gehört zur Zone regelmässiger Regenvertheilung mit dem Herbstniederschlags - Maximum; der westliche Theil desselben ist nur durch die Südabdachungen des Alpenwalles von dem Mittelmeerbecken geschieden. Von der Adria kommend müssen die Südwinde am Wege nach Norden die gletscherreiche Alpenzone überwinden; die plötzliche Abkühlung oder die Vermischung mit kalten Bergwinden ist dann zumeist die Hauptursache der vielen excessiven Niederschläge.

Wenn die abfließende Wassermasse manchmal noch durch Eis- oder Schneeschmelze von den Bergkämmen aus unterstützt wird, dann schwellen die Gebirgswasser zu Hochfluthen an, die durch ihre verheerende Kraftentwicklung in den Alpenthalern die traurigsten Zerstörungen hervorrufen.

Im Gailthale, sowie in dem diesen zunächst liegenden Alpenthalern, wo die Nord-Nordwestwinde, alle Südströmungen (Süd, Südwest, Südost) und zumeist auch die Ostströmungen Regen erzeugen, treten die jährlichen Hochwasser regelmässig im October oder Anfang November ein, ausser dieser Zeit fallende Hochfluthen sind abnormal, ihre Entstehung ist zumeist an ausserordentliche atmosphärische Störungen geknüpft.

Die Regenvertheilung in den der Gail zunächst liegenden Flussgebieten kann aus nebenstehender Tabelle entnommen werden; leider lässt die geringe Anzahl der Beobachtungsstationen und das oft mangelhafte Beobachtungsmateriale die Entwicklung eines vollkommenen meteorologischen Bildes dieser Localitäten nicht zu.

B. Zur Charakteristik des Gailthales und der Gailregulierung.

Selten unterliegen die Wasserläufe so mächtigen Einflüssen und so vielen Veränderungen wie in Gebirgsthalern. Die verhältnissmässig rasch fortschreitende Ausbildung der Hochthäler, die damit verknüpfte Bewegung loser Massen, die Abfuhr des Schuttes nach den Hauptthälern, sind wohl die wesentlichsten Ursachen jener Gefahren, welche die Wohnsitze und den Culturboden der Gebirgsbewohner fast bei jedem Hochwasser bedrohen.

Die dynamischen Wirkungen der alles nivellirenden Atmosphäre einerseits, das stille geheime Schaffen der Sickerwässer andererseits, werden in Verbindung mit grossen Temperaturschwankungen den vegetationslosen Gehängen am gefährlichsten. Die an Stelle der fehlenden Pflanzendecke getretenen Schuttspeicher, welche mit der Verwilderung der Gebirgsflüsse in innigster Beziehung stehen, die Charakteristik, dann die Anzahl, die Länge der beiderseitigen in der Thalwand eingerissenen Wildbach-Aufnahmegebiete stehen mit der Beschaffenheit des Flusses im engsten Verbande. Je länger und ausgedehnter dieselben sind, um so grösser

wird die nach dem Hauptthale gerichtete Materialabfuhr. Je mehr Einheiten der Längensumme aller Zufluss Spuren auf die Längeneinheit der Hauptflussspur entfallen, desto grösser ist die Fläche ungeschützten Bodens und um so mehr hat der Hauptfluss zu thun, das zugeführte Geschiebe der Zuflüsse, — in so ferne dasselbe am Ausgange der Seitenthäler nicht in Schuttkegeln deponirt, oder zu Schlamm zerrieben wurde — im Inundationsgebiete zu verarbeiten.

Zwischen Wetzmannwehr und der Mündung des Gailitzbaches beträgt die Gailflusslänge rund 65 km. Die Gesamtsperlänge der beiderseitigen Zuflüsse, eventuell ihrer Seitenthäler (als zum Hauptflusse gehörige Wassersammler aufgefasst) beträgt rund 285 km. Auf das Längenmeter der Hauptflussspur entfallen sonach 5 Längenmeter der gesamten Zuflusslänge; dass einem so ausgebreiteten in das Relief einer Landschaft eingerissenen Wasseradernetze eine grosse Materialbewegung anhaftet, ist wohl begreiflich. *)

Die Entwaldung, namentlich der Gehänge des Oberlaufes, ist auch im Gailthale schon sehr weit vorgeschritten; daraus folgt die Kraftentfaltung des Wassers bei der Geschiebeabfuhr aus den pflanzenlosen Felsgehängen der vielen Wildbachgebiete. Zu den, durch die keilartige Wirkung des gefrierenden Wassers und der Beihilfe der Kohlensäure vom Massiv sich abtrennenden Schuttmassen kommt noch der Gehäng-Moränenschutt der diluvialen Periode, welcher, der Wald- oder einer sonstigen Pflanzendecke entkleidet, dem Regenwasser ganz preisgegeben ist.

Unter solchen Verhältnissen ist wohl leicht zu erklären, weshalb die Schuttkegel das Thalgelände sowie die Flussrichtung der Gail immerwährend umstalten und den Culturboden verderben.

Die Hauptursache der Serpentinirung der Flussspuren, des damit verbundenen Gefällverlustes, der Bildung von Schotterbänken, der Zersplitterung der Wasserkraft ist lediglich in den Wildbächen, welche durch die staudammartige Wirkung ihrer das Thal durchquerenden Schuttkegel die Entwässerung des Thalbodens beeinflussen, zu suchen. Zu solcher Behinderung der Entwicklung natürlicher Flussläufe treten manchmal noch Bergstürze hinzu. Der Schuttkegel des Rinsengrabens bei Reissach entlehnt sein Materiale der Masse eines Bergsturzes, welcher im Jahre 325 v. Chr. vom Reisskofel in den Rinsengraben niederging. Ebenso gab seinerzeit der von der Südabdachung des Dobratsch gegenüber Arnoldstein niedergegangene Bergsturz zu den traurigsten Zerstörungen Anlass. Jedes Kartenbild lässt zwischen dem Sallerriegel (nördliche) und Hohenthurn (südliche Thalwand) eine Thalenge erkennen, welche, so erzählt die Chronik, im Jahre 1348, durch diesen zwischen Förk

und Unterschütt in einer Ausdehnung von 7 km niedergegangenen Bergsturz entstand, wobei die Gail mit dem dort einmündenden Gailitzfluss abgedämmt und der gegen Vorderberg zu gelegene Thalboden bei Arnoldstein ganz unter Wasser gesetzt wurde. *) Nach dem grossen Volumen der noch heute kennbaren Sturzmasse (Hallstätter und Gutensteinerkalke) zu urtheilen, muss dieses Ereigniss für die Bewohner von den traurigsten Folgen begleitet gewesen sein, welche sich in Bezug auf die Entwässerung des Thalbodens noch bis zum heutigen Tage fühlbar machen.

Es ist klar, dass der Gailfluss, damals nicht nur die Arbeit der Versedimentirung des von Förk thalauf entstandenen Wasserbeckens zu besorgen, sondern in dem Trümmerchaos zwischen Förk und Unterschütt ausserdem für sich ein ganz neues Bett herzurichten hatte.

Der Gailregulirung bleibt es nun vorbehalten, das Nötscher Thalbecken, zu dessen Versumpfung der Achomitzer- und Nötscherwildbach viel beitragen dürften, theilweise oder ganz zu entwässern. Diese Arbeit dürfte insoferne schwer durchzuführen sein, weil die unter den recenten Schwemm- boden liegenden Gesteinstrümmer des Bergsturzes, der selbstthätigen Ausbildung und Vertiefung des Flussprofils einen grossen Widerstand entgegensetzen werden. Es ist auch fraglich, ob aus einer zu weit gehenden Entwässerung des Nötscherbeckens dem durch die Bergsturzpartie getrennten Villacherbecken grosse Vortheile erwachsen würden, da eine zu rasche Abfuhr der Hochwässer, welche sich gegenwärtig in der Stromenge der Schütt stauen (siehe die später angegebenen Pegelstände), das flache Mündungsgebiet des Flusses wahrscheinlich stärker inundiren müsste, als es bisher der Fall gewesen ist.

Die Gedenktafel an der Stadtpfarrkirche in Villach **) verzeichnet für das Jahr 1348 den Einsturz der Kirche und einen Theil der Stadt als Folge eines Erdbebens, desselben Naturereignisses, welches die Dobratsch-Katastrophe hervorgerufen hat. Dieser Bergsturz ist indessen an der Stelle nicht der letzte. Am Südabhange der Dobratschgruppe bestehen Spalten und Klüfte, welche durch die Eiswirkungen

*) In der zwischen Wetzmann und der Gailitzmündung liegenden Gailstrecke beträgt die Gesamtlänge der rechtseitigen Zuflüsse 146 km, und jene der linkseitigen 139 km. Sollten derlei Beziehungen nicht zu weiteren Untersuchungen bezüglich der Gleichgewichtstrace des Hauptthales Anlass geben? Die Einführung des Verhältnisses der Tracenlänge des Hauptflusses zu jener der gesamten Zuflüsse dürfte bezüglich der Geschiebe- und Sedimentbewegung eines Gebirgsflusses in so ferne ein Urtheil zulassen, als ein grosses Wasseradernetz eine grosse Geschiebeselemente schon vorhersehen lässt, bevor das Gebiet eingehender studirt wird.

*) Die Chronik erzählt: Zwischen Feistritz, Nötsch, Arnoldstein standen vor 600 Jahren fruchtbare Aecker und Wiesen, welche eine zahlreiche Bevölkerung ernährten. Ein furchtbares Erdbeben veranlasste den Dobratschbergsturz. Am 25. Jänner 1348 als Florimund, Abt des Klosters zu Arnoldstein vom Fenster aus in die von trüber und drückender Atmosphäre bedeckte Landschaft sah, krachten die Sturzmassen des gegenüberliegenden Dobratsch in das Thal, die Erde zitterte, der Windruck schleuderte den Abt in das Zimmer zurück, Kloster und Landschaft waren mit Staub bedeckt, zahlreiche in vielen Dörfern vertheilte Unterthanen des Stiftes wurden unter den Massen des Bergsturzes begraben. Das Trümmerchaos hemmte den Abfluss der Gail und des Gailitzflusses, das gestaute Wasser begrub auch die thalauf bestanden schönen Wiesen, Felder und viele Wohnstätten der Menschen. Nachdem der Fluss ein neues Bett sich gegraben hatte, traten an der Stelle des bestanden Culturlandes weite Moorgründe und Sümpfe.

**) Diese Gedenktafel, gelegentlich der Renovirung der Stadtpfarrkirche dort angebracht, verzeichnet die wichtigsten Ereignisse, welche die Stadt Villach in diesem Jahrtausend betroffen haben. Im Jahre 1572 wurde die Kirche durch Erdbeben abermals beschädigt, und im Jahre 1690 ist aus dem gleichen Grunde der andere Theil der Stadtpfarrkirche eingestürzt.

von Jahr zu Jahr erweitert, einen zweiten Bergsturz in nicht allzuferner Zeit vorhersehen lassen. *)

Aus dem bisher Gesagten erhellt, dass die grosse Geschiebszufuhr aus den Wildbachaufnahmsgebieten, dann die einschneidenden Wirkungen gewaltiger Naturereignisse, auf die Entwässerung des Gailthales den nachtheiligsten Einfluss ausüben mussten. Die mit der Verschotterung des Thalgrundes durch Wildbäche verbundene Verwilderung des Hauptflusslaufes war in Folge der Zersplitterung der Wasserkraft, wegen der weit auseinandergerückten Inundationsgrenzen nicht nur für das Culturgelände des Thalbodens, sondern auch für den Verkehr im Gailthale von grösstem Nachtheil geworden. Die Gailregulirung ist daher nicht nur von volkwirtschaftlicher und cultureller, sondern bei der Lage des Gailthales auch von militärischer Bedeutung; die Erhaltung eines guten Strassenzuges über den Plöckenpass nach Italien, dann über Kötschach nach Oberdrauburg ist für allfällige militärische Operationen nicht minder wichtig.

Der Gailregulirung liegt das Princip der Zurückhaltung des Geschiebes in den Hochthälern und Wildbach-Aufnahmsgebieten, dann die Concentration des vom Geschiebe entlasteten Wassers, welches im Hauptthale zur Ausbildung des eigenen Flusschlauches ausgenützt wird, zu Grunde. Mit der Vertiefung des Flussbettes geht die Entwässerung des versumpften Ufergeländes Hand in Hand; dem schlammigen Ueberfluthungswasser fällt die Aufgabe zu, die tieferen Uferpartien zu verlanden und den sterilen Boden zu düngen.

In dem Relief eines Gebirgsthales kann jeder Beobachter zwei, durch charakteristische Merkmale besonders gekennzeichnete Zonen wahrnehmen. Soweit die Hochthäler und die Wildbach-Aufnahmsgebiete reichen, findet die Atmosphäre in den Terrainrissen, Runsen, Gräben u. s. w. eine hinlängliche Menge von Angriffspunkten vor, um in das Gebirgsmassiv einzudringen. Die damit verbundene Consequenz der fortwährenden Schutterzeugung bedingt den Abtrag der losen Massen im Wege des Schutttransportes. Zur Zeit der Anschwellungen vom Wasser erfasst, wird ein Theil des Materiales an der Ausgangsstelle der Aufnahmsgebiete ins Hauptthal in Schuttkegeln deponirt, der Rest aber dem Hauptflusse zur Verarbeitung übermittelt. Der Inbegriff der Orte dieser Thätigkeit wurde als „Zone des absoluten Abtrags“ gekennzeichnet. **)

Im Hauptthale, wo der aus den Hochthälern abgeführte Schutt, sei es im Schuttkegel, oder durch Vertheilung in dem Inundationsgebiete aufgespeichert wird, befindet sich im Gegensatze zu der früheren: „Die Zone des absoluten Auftrages“. Beide Zonen werden am Uebergange

*) In der Nähe von Villach sind die Spuren der Erdbeben-thätigkeit sehr häufig anzutreffen. Das Schloss Treffen im Treffnerthale wurde vor einigen Jahrhunderten ebenfalls durch Erdbeben zerstört. Bei Niederdorf am Fusse des westlichen Abhanges des 1353 m hohen Ochsengartens (Mündung des Treffnerthales in das Ossiacherseeethal, linke Thalwand) liegen mächtige Steinblöcke als Ueberreste eines Bergsturzes. Die Charakteristik, sowie die Schichtung der Gehänge des Ochsengartens, lassen im Falle starker Erschütterungen einen neuen Bergsturz nicht unmöglich erscheinen.

**) Das obere Fellagebiet und die dortigen Wasserbauten des Verfassers. Waldheim, Wien.

vom Materialabtrag zum Auftrage, durch die Zone der Nullarbeit geschieden. Diese Trennungslinie ist keine fixe, sie scheidet aber zwei Systeme, dem Charakter nach ganz verschiedener, Regulierungsarbeiten von einander.

In der Zone des absoluten Abtrages handelt es sich bekanntlich darum, die Wasserkraft zu brechen, die Geschiebserzeugung und die Geschiebsbewegung auf ein Minimum zu reduciren, und wo nöthig an der Gerinnsohle der erodirenden Wirkung des Wassers entgegenzutreten. Das erstere wird im Allgemeinen durch Aufforstungen, Verflechtungen, Sickergräben, durch Wasserreservoirs; das letztere durch Staudämme, in dem Falle „Thalsperren“ genannt, erreicht. Schliessen die letzteren Geschiebebeassins ab, so heissen dieselben „geschiebehaltende“, wenn sie hingegen den erodirenden Wirkungen des Wassers an der Grabensohle entgegentreten sollen, „Consolidations-Thalsperren“. Nach der Constructionsart werden massiv gemauerte, das sind steinerne, und Steinkasten-Thalsperren unterschieden. *) — Bei der Gailregulirung wurde der Valentin-, St. Danieler-, Stranig-, Dober-, der Osselitzen-, Garnitzen-, Vorderberg- und der Nötscherwildbach mit soliden, geschiebehaltenden steinernen Thalsperren verbaut. Im Rinsengraben, wo die Sohle der Zizau-Rinse stets in Bewegung ist (Materiale des früher erwähnten Bergsturzes), mussten Consolidationsobjecte, u. zw. Sohlschweller als hölzerne Steinkasten-Thalsperren ausgeführt werden. **)

Die Regulirungsbauten der „Zone des absoluten Abtrages“, d. i. des Sammelgebietes des Wassers und der Geschiebe der Zuflüsse, zeigen einen ganz anderen Charakter. Sie sollen einerseits verlandend, andererseits geschiebeführend wirken, sie sollen die Ausbildung des vorgezeichneten Flussgerinnes unterstützen, der Zersplitterung der Wasserkraft entgegentreten, neue Ufer herstellen und die bestehenden des angrenzenden Geländes gegen die Wasserangriffe schützen helfen.

Die Constructionsart der Einbauten wird in den meisten Fällen durch das zur Hand habende billigste Baumateriale bestimmt sein.

Im Gailthale, wo die regulirte Flussspur vollständig im Inundationsgebiete liegt, ist der durch Verlandungstraversen unterstützte, das Flussprofil durch geschlossene Steindämme fixirende Leitwerksbau mit den, durch Uferdeckwerke gehörig geschützten Durchstichen combinirt (siehe Situation Fig. 1; die Details: Zeitschrift des österr. Ing.- und Arch.-V., Jahr 1883, I. Heft), zur Ausführung gekommen.

Die Gailregulierungsarbeiten vertheilen sich gegenwärtig auf die 91.6 km lange Flussstrecke (inclusive Zuflüsse) von Wetzmannwehr bis zur Mündung von Perau. Die Regulierungsstrecken Wetzmann-Höfling, Höfling-Nöbling, Griminitzen-Gundersheim, Oberdöbernitz-Weidegg, Rattendorf, Podlanig-Möderndorf dann die Mündungsstrecke Hart-Perau sind bereits beendet. Zu reguliren bleibt noch

*) Siehe das obere Fellagebiet und die dortigen Wasserbauten des Verfassers.

**) Grueber: Ueber die Verbanung der Wildbäche im Gailthale „Zeitschrift des österr. Ing.- und Arch.-Vereins“ vom Jahre 1882.

die Flussstrecke Möderndorf-Unterschütt, wo die Arbeiten nebst den Ausbesserungen der Hochwasserschäden fertiger Strecken in diesem Jahr fortgesetzt wurden.

In der regulirten Flussspur ist die Geradleitung vorherrschend. Die Ausbildung des Flussschlauches wurde in Curven nur dort angestrebt, wo die Terrain- oder sonstigen localen Verhältnisse dies möglich machten. Die Geradleitung lässt zwar an relativem Gefälle folglich auch an Arbeitskraft gewinnen, allein die beiden Ufer erfordern den sich steigernden Wasserangriffen gemäss entsprechende Versicherungen. Obschon der Flussspur der Curven der Nachtheil grösserer Länge zukommt, so ist hervorzuheben, dass sich der Stromstrich infolge der Centrifugalkraft dem concaven Ufer zuneigt; wenn daher dasselbe gut gedeckt wird, kann die Versicherung des convexen Ufers ganz erspart werden. Ein weiterer Vorthail gekrümmter Strecken wird später berührt. Bauleiter Grueber bemerkt, dass Bögen von 800 m auf die Entwicklung des Gailflusses fördernd einwirkten, stärker gekrümmte Strecken wurden vom Wasser zerstört. Im Allgemeinen empfiehlt sich für solche Strecken, welche ein Gefälle von 1 : 500 oder mehr haben, das Princip der Geradleitung des Flusstrace.

Die Normalbreiten des Profils der aufeinanderfolgenden Flussstrecken sind:

Wetzmann-Dellach	32 m
Dellach-Rinse	34 "
Rinse-Kirchbach	36 "
Kirchbach-Möderndorf	38 "
Möderndorf-Schütt	40 "

Das specifische Gewicht der diesfalls zum Bau verwendeten Steine schwankt zwischen 2.4 und 2.9. Die Minimalgrösse der Steine war mit 0.03 m³ vorgeschrieben, es wurden jedoch nach Maassgabe der Verhältnisse Aenderungen vorgenommen. — In der Regulirungsstrecke Wetzmann-Höfling, wo die Bauten grossen Wasserangriffen und den heftigsten Holzstössen ausgesetzt sind, beträgt das Durchschnittsteinvolumen 0.2 m³, es wurden aber Stücke mit 0.5 bis 1.0 selbst mit 1.5 m³ häufig eingebaut. Der Umstand, dass in der Nähe des Flusses und zwar am Fusse beider Thalwände gute, wetterbeständige, für Wasserbauten vollkommen geeignete Steine reichlich vorkommen, verbilligte die Gailregulierungsarbeiten wesentlich *). Das Steinmateriale der bestehenden Regulirungsstrecken ist in:

Wetzmann-Höfling: dichter Glimmerschiefer aus dem Lamer und Glutschgraben, körniger Kalk, theilweise Dachschiefer aus dem Mahlbach, Kohlenkalk aus dem Valentingraben, dann Glimmerschiefer aus dem Höflinggraben.

Höfling-Nölbling: Kalk und Sandsteine aus dem Danielergraben, Kohlenkalk und Schiefer aus dem Kernhofer- und Kohlenkalk aus dem Nölblinggraben.

Griminitzen-Gundersheim: Das Absturzmaterial des Reisskofels, Gutensteiner- und körniger Kalk aus dem Griminitzenbach.

*) Die Kosten der Gailregulierungsarbeiten sollen 12.000 fl., jene der Murregulirung, wo die Materialbeschaffung theurer, ungefähr 30.000 fl., pro Kilometer betragen.

Bei Reisach: Glimmerschiefer aus den Wänden bei Reisach.

Oberdöbernitz - Weideck: Glimmerschiefer aus den Brüchen im Kirchbachgraben, Sandstein und Kohlen-schiefer aus dem Döbernitz und Zedelbach.

Bei Rattendorf: Kohlenkalk und Sandstein aus dem Döbergraben.

Tröpelach - Watschig: Kalk, Sandstein und Kohlenschiefer aus dem Schuttkegel des Osselitzenwildbaches.

Podlanig-Möderndorf: Glimmerschiefer aus den Wänden bei Podlanig in der Nähe des Flussufers.

Hart-Perau: Ausschliesslich Hallstädterkalk aus dem Dobratschgehängen und deren Ausläufern. Ausserdem Steinbrüche in Unterschütt, Graschelitzen, Federaun, Napoleonwiese bei dem warmen Bad Villach.

Diese Bemerkungen werden nebst den in dieser Zeitschrift bereits veröffentlichten Aufsätzen genügende Beihilfe bieten, den weiteren Betrachtungen leichter folgen zu können.

C. Die Herbsthochwasser der Alpen im Jahre 1882.

I. Das September-Hochwasser im Gailgebiete.

a) Regenhöhen und Pegelstände.

Als die verderbenbringenden Septemberregen des Jahres 1882 begonnen haben, herrschte in den Ostalpen constantes S.E.-Wetter. Da am 13. September der Nordwind plötzlich einfiel, bedeckten sich die Berge tief herab mit starkem Schnee. Am 14. September (der Verfasser befand sich an diesem Tage im Gailthale auf der Fahrt nach Hermagor) konnte, trotzdem der Nebel die Berge tief herab verhüllte, der Schnee am Dobratsch deutlich wahrgenommen werden. An der südlichsten Grenze des Gailgebietes, am Predil, herrschte in der Nacht auf den 15. September ein starker Süd Sturm. Von warmem Regen begleitet, breitete sich derselbe über die ganze Alpenkette aus, der Schnee auf den Bergen schmolz, (die Berge waren, soweit man sie sehen konnte, am 15. und 16. September schneefrei), aus den Hochthälern kamen infolge dessen so bedeutende Wassermassen, dass die Hauptflüsse des Gail-, Dra-, Puster- und Etschthales bis zu einer, in diesem Jahrhunderte seltenen Höhe anschwellen, und den in undirten Thalboden total verwüsteten. Die Regenmengen dieser Hochwasserperiode, der wenigen Beobachtungsstationen dieses Theiles der Alpen, sind nach den Thälern geordnet in der Tabelle II (S. 150) angeführt.

Der Regenfall in den Alpen hat am 12. begonnen und endete im Gailthale am 23., in den meisten der angrenzenden Thälern am 22. September. — Als zwischen dem 12. und 14. September die Wasserläufe im Steigen begriffen waren, nahm die Versickerungsfähigkeit des Bodens nach und nach ab, so dass die Hochwasserwelle am 15., 16. und 17. September den höchsten Stand, und damit die grösste Kraftentfaltung erreichen konnte.

Vom 18. September an sank der Wasserstand der Gail, trotz des allmählig verlaufenden Niederschlages nur langsam. Am 23. September war das Hochwasser zu Ende.

Niederschlagsmengen während der Herbst-Hochwässer vom Jahre 1882.

Beob- ach- tungs- Station	September																							October																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Summe des Niederschlages Tägliches Mittel		25	26	27	28	29	30	31	Summe des Niederschlages Tägliches Mittel																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
	Millimeter																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Süd-Tirol.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Brion	8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	</

Das Tages-Niederschlagsmaximum dieser Hochwasserperiode fällt zwischen den 15. und 16. September (siehe Tabelle) nach Trient in Tirol mit 108 mm, dann folgt Cornat (Lessachthal) mit 100.5 mm. Das summarische Niederschlagsmaximum dieser Regenperiode mit 429.3 mm (welche in einigen Thälern 11, und in anderen 12 Tage andauerte), trifft bei einem täglichen Mittel von 35.8 mm die Station Cornat im Lessachthale.

Die mittleren Pegelstände der Gailstrecke Wetzmann-Perau, zwischen 15. und 23. September waren:

Pegel am Wetzmannwehr	2.4 m
„ bei Stranig	2.5 „
„ „ Kirchbach	2.18 „
„ „ Rattendorf	2.2 „
„ „ Vorderberg wegen der dortigen Thalenge	2.9 „
„ „ Nötsch	2.7 „
„ „ Perau	2.1 „

Das liber memorabilis parochina Mauthen verzeichnet den Wasserstand von 2.1 m, von 13. auf den 14. October 1823 am Wetzmannwehr eingetreten, für dieses Jahrhundert als den höchsten. Im Spätsommer des Jahres 1878, wo das Gailthal ebenfalls von einem verheerenden Hochwasser heimgesucht wurde, betrug die Wetzmann-Pegelwasserhöhe 1.6 m; der Wasserstand des Jahres 1882 hingegen überragt an derselben Stelle alle früheren.

Aus der Vergleichung der Regenhöhen und der Pegelstände des Gailthales geht hervor, dass die September-Hochwasserwelle im Lessachthale den höchsten Stand erreicht, und sich thalab, gegen die Mündung zu verflacht hatte.

b) Regenabflussmengen des Lessachthales.

Das geschlossene Flussprofil an der Mündungsstelle des Lessachthales in das eigentliche Gailthal d. i. am Wetzmannwehr, macht es möglich (siehe Fig. 3, Bl. 27) die aus dem Lessachthal abgeflossenen Wassermengen m zu rechnen, und die mittlere, der Hochwasserperiode von 15. bis 23. September entsprechende Regenhöhe dieses Gebietes auf diesem Wege annähernd zu bestimmen.

Auf Grund der Formel von Ganguillet und Kutter war während der Hochwasserperiode für die Durchfluss-Profilfläche, bei dem Pegelstande $h = 2.4$ (siehe Fig. 3) $F = 96.48 m^2$, dem Profilradius $r = \frac{F}{p} = 2.15 m$ — wobei p der benetzte Umfang 44.8 m — dem Flussgefälle $\tau = 0.009$ (siehe Längenprofil Fig. 2, Taf. 27), ζ dem Erfahrungscoefficienten mit 45.44, *) an dieser Flussstelle die mittlere Wassergeschwindigkeit:

$$*) \zeta = \frac{\alpha}{1 + \frac{\beta}{r}} \text{ dabei ist bekanntlich } \alpha = \frac{1}{n} + 23 + \frac{0.00155}{\tau}$$

und $\beta = n \left(23 + \frac{0.00155}{\tau} \right)$ für $n = 0.025$ wird $\zeta = 45.44$. Der auf das Gerinne bezugnehmende Rauigkeitscoefficient wurde wie für Flüsse und Bäche mit 0.025 statt mit 0.03 für Gewässer mit grobem Geschiebe aus dem Grunde eingeführt, weil die an der Flusssohle verzögerten Wassertheilchen der secundlich abgeflossenen grossen Wassermenge der Hochwasserperiode an der rauhen benetzten Profilfläche eine Art Gleitfläche herstellten, über welche die Wassermasse ohne grossen Widerstand zu finden dahinzufliessen vermochte.

$$v = \zeta \sqrt{\tau r} = 6.36 \text{ m}$$

und die secundliche dieses Durchflussprofil passierende Wassermenge:

$$m = Fv = 613.6 \text{ m}^3.$$

Während der neuntägigen Dauer (15. bis inclusive 23. September) von $t = 777.600$ Secunden, ist bei dem mittleren Pegelstande $h = 2.4 \text{ m}$ ein Gesamtwasserquantum:

$$q_s = mt = 477,143.136 \text{ m}^3$$

über die Wetzmannwehre in das Gailthal abgeflossen.

Bis zum Wetzmannwehr gerechnet, entspricht das Lessachthalgebiet einer Niederschlagsfläche von $\varphi = 337,470.000 \text{ m}^2$. Damit also das eben gerechnete neuntägige Wasserquantum q geliefert wurde, war die mittlere Niederschlagshöhe von:

$$h = \frac{q_s}{\varphi} = 1.4 \text{ m}$$

nothwendig.

Der Wirklichkeit zu entsprechen, würde diese Regenhöhe um den Betrag des verdunsteten und versickerten Wassers zu vergrössern, hingegen um das Wasserquantum, welches der Fluss im Beharrungszustande führt, zu verkleinern sein. Da das secundliche Niederwasserquantum im Verhältnisse zum abfliessenden Hochwasserquantum sehr gering ist, und bei dem durchtränkten Boden und der tiefen Temperatur nicht viel Niederschlag versickern oder verdunsten konnte, so dürfte die dem secundlichen Niederwasserabflusse entsprechende Regenhöhe durch jene des versickerten und verdunsteten Wassers compensirt werden und die gerechnete Regenhöhe von 1.4 m der wirklichen des Lessachthalgebietes demnach ziemlich nahe kommen.

Im Lessachthale sind für diese Regenperiode nur die Niederschlagshöhen von Cornat (Seehöhe 1037 m circa 900 m über der Thalsole gelegen, während die Thalwände in nächster Nähe bis zu 2000 m über dem Meere ansteigen) bekannt; in Luggau wurden die meteorologischen Beobachtungen schon vor Jahren unterbrochen. Würde, für die Zeit vom 15. bis 23. September, in Ermangelung anderer Beobachtungen, die thatsächliche Regenhöhe von Cornat mit $h_s = 0.295 \text{ m}$ (siehe Tabelle) als mittlere Gesamtregenhöhe des ganzen Lessachthalgebietes angenommen werden, so entspricht diesem Regenfall ein Wasserquantum von $q_s = \varphi h_s = 99553650 \text{ m}^3$ während am Wetzmannwehr in der gleichen Zeit $477,143.136 \text{ m}^3$ abgeflossen sind. Die diese Differenz erklärenden Ursachen werden später zur Sprache kommen.

c) Abfuhr der im Wasser suspendirten festen Stoffe.

Die andauernden Regengüsse, die Zerstörungen der Verkehrsstrassen des Drau- und Pusterthales verhinderten mich, das Ziel meiner Reise, den in Bau befindlichen Arlbergtunnel zu erreichen. In Kötschach festgehalten, benützte ich in der lebenswürdigen Gesellschaft des Bauleiters Ingenieur Grueber, die verhängnissvolle Zeit vom 16. bis inclusive 19. September, soweit es die fast ganz inundirte Thalsole zuliess, zum eingehenderen Studium des so verheerenden Hochwassers.

Die Leitwerke haben sich mit den Verlandungstraversen vorzüglich bewährt, trotz der totalen Ueberfluthung konnte

die Zweckmässigkeit, dann die energische Rückwirkung der Regulierungsarbeiten auf die Zügelung der Hochwasserwelle deutlich wahrgenommen, neben dieser Thatsache aber auch die wenigen in den localen Verhältnissen begründeten Mängel erkannt werden. Die Grossartigkeit des im strömenden Regen verschleierten, imposanten Landschaftsbildes steigerte sich noch mehr bei dem Anblicke der secundlich mit 613.6 m^3 über das 4.2 m hohe Wetzmannwehr stürzenden, erdfarbendickflüssigen, eine Menge von Holz führenden Wassermasse des Gailflusses. *)

Um bezüglich der Abfuhr der im Wasser suspendirt gewesenen festen Stoffe einige Anhaltspunkte zu gewinnen, entnahm ich, da der eigentliche Gailstrom in der Thalsole sonst nirgends recht zugänglich war, am 16. September bei der Mauthenbrücke dem Ueberfluthungswasser die erste und ca. 1700 m oberhalb am 17. September im geschlossenen Flussprofil am Wetzmannwehr die zweite Wasserprobe. Nach den vom Fachvorstande an der Staatsgewerbeschule zu Bielitz Professor Th. Morawski in zuvorkommendster Weise ausgeführten Untersuchungen, enthielt die erste Wasserprobe (Mauthenbrücke) bei einer Dichte von 1.006 in einem Kubikmeter Wasser 16.38 kg fester Stoffe; die zweite Wasserprobe (Wetzmannwehr) hingegen bei der Dichte von 1.018 in einem Kubikmeter Wasser 27.58 kg fester Stoffe, vorwiegend schiefrige Bestandtheile, suspendirt.

Es ist klar, dass die über das Wetzmannwehr strömende Wassermenge zur Zeit des Hochganges einmal mehr das anderemal weniger feste Stoffe enthielt; wenn es erlaubt ist, die in der angegebenen Wetzmannwasserprobe in einem Kubikmeter gefundenen festen Stoffe $s = 27.58 \text{ kg}$ als Mittel anzunehmen, so schwemmte das Wasser während dieser Hochwasserperiode eine secundliche Stoffmenge von $M = qs = 16923.36 \text{ kg}$ aus dem Lessachthale herab. Wird der Kubikmeter Schlamm dem Gewichte $g = 1600 \text{ kg}$ gleichgesetzt, so ergibt sich das secundlich abgeschwemmte Stoffvolumen von

$$K = \frac{M}{g} = 10.57 \text{ m}^3$$

Im Wasser suspendirt, wurde in den neun Tagen aus dem Lessachthale das Materialquantum $Q = K \times 777600 = 8219232 \text{ m}^3$ über das Wetzmannwehr geführt, dabei wurde das am Flussgrunde bewegte Geschiebe nicht berücksichtigt.

II. Das Octoberhochwasser im Gailgebiete.

a) Regenhöhen und Pegelstände.

Die seit September anhaltende feuchte Witterung hielt den Boden immer durchnässt, auf den Berghöhen war derselbe sogar gefroren und darauf lag eine ältere Schneedecke. Deshalb konnte, als der Octoberregen begann, welcher in Tirol vom 25. bis 29., im Gailthale vom 26. bis 30., an anderen Orten sogar bis 31. anhielt, nur wenig Wasser versickern. Wie im September, so waren auch im October die plötzlich eingetretenen warmen Luftströmungen von unheilvollen Wirkungen begleitet. Das Schneeschmelz-

*) Zur Ehre des Erbauers werde bemerkt, dass die Wetzmannwehrranlage, bis auf den fortgeschwemmten Holzrechen, den über jede Vorstellung gehenden Wasserangriffen vollkommenen Widerstand geleistet hat.

wasser der Höhen war gezwungen auf den gefrorenen Boden sehr rasch abzufließen, wodurch die Thalwasserläufe in ihrem verderblichen Handeln wesentlich unterstützt wurden.

Zwischen 27. und 29. October (am 28. October herrschte allgemeines Gewitter) erreichte die Hochwasserwelle den höchsten Stand, am 30. Oct. erst begannen die Flüsse zu sinken. Die Tabelle auf S. 150 enthält die Regenmengen einiger Orte der karnischen und Gailthaler Alpen zusammengestellt.

Der Octoberregen war in Tirol nur von kurzer Dauer und nicht so heftig als im Drau-, Gail- und Canalthale. Das fünftägige Niederschlagsmaximum mit 416 mm fällt in diesem Gebiete auf Raibl, diesem folgt Tröpelach im Gailthale mit 263 mm, endlich Oberdrauburg mit 200 mm. Während die Stationen Tirols gegenüber dem Septemberregenhöhen weit zurückblieben, verzeichnen die östlich davon gelegenen Gebirgstäler im October bedeutend grössere Regenmengen als im September.

Die mittleren Flusspegelstände (27., 28., 29. October) der Gailstrecke Wetzmann-Perau waren folgende:

am Wetzmannpegel	2.4 m
„ Vorderbergerpegel (Thalenge)	5.19 „
„ Nötscherpegel	3.4 „
„ Pegel der Schütt (Dobratchsturz, Thalenge)	8.0 „
„ Peraupegel (Gailmündung)	2.8 „

Daraus geht hervor, dass im Gailthale die Hochwasserwelle, entgegen jener vom September, sich thalab gegen die Flussmündung zu verstärkte.

b) Regenabflussmengen aus dem Lessachthale.

Zur Berechnung der über die Wetzmannwehre abgeflossenen Wasser- und Materialmengen, gelten mit Rücksicht auf den gleichen Pegelstand von 2.4 m die für September benützten Grössen. Für $\tau = 0.009$, $F = 96.48 \text{ m}^2$ u. s. w. wird die secundliche Wassergeschwindigkeit am Wetzmannwehr wie früher $v = 6.36 \text{ m}$. Daraus folgt die secundliche Wassermenge: $m_0 = 613.6 \text{ m}^3$ und die in der Zeit vom 27. bis inclusive 29. October abgeflossene Wassermenge mit: $q_0 = 159047712 \text{ m}^3$, welche bei dem Lessachthal-Niederschlagsgebiet von $\varphi = 337470000 \text{ m}^2$ der Regenhöhe von

$$h_0 = \frac{q_0}{\varphi} = 0.47 \text{ m}$$

gleichkommt; während Cornat, die einzige Beobachtungsstation des Lessachthales, in der gleichen Zeit die thatsächliche Regenhöhe von: $h'_0 = 0.198 \text{ m}$ mit dem Wasserquantum: $q' = \varphi h'_0 = 66819060 \text{ m}^3$ aufweist; dabei wurde im letzteren Falle die Regenhöhe von Cornat als mittlere Regenhöhe des ganzen eben betrachteten Gebietes angenommen.

Der zwischen der wirklich gefallenen und dem über das Wetzmannwehr aus diesem Gebiete abgeflossene Regenmenge bestehende Unterschied wird an geeigneter Stelle später zur Sprache gebracht werden.

c) Abfuhr der im Wasser suspendirten festen Stoffe.

Mit Zugrundelegung der im September gewonnenen Daten würde das aus dem Lessachthale im Wasser sus-

pendirt abgeflossene Materialquantum *) $Q_0 = 2,739.744 \text{ m}^3$ betragen.

III. Vergleichsergebnisse beider Hochwässer.

1. Das Jahr 1882 war aufangs wasserarm, der Hochsommer brachte vorerst in Mähren u. s. w. einige Ueberschwemmungen, erst im September und October wurden die Alpenthäler Kärntens, Tirols, sowie jene der Südabdachungen der Alpen, durch kräftige andauernde Regengüsse heimgesucht.

Am Schlusse des Jahres endlich wurde der Kreislauf, der sich im mitteleuropäischen Gebirgsgürtel bewegenden Ueberschwemmungen mit den Verwüstungen des Rheingebietes abgeschlossen.

Als im September und October Kärnten und Tirol verwüstet wurde, begann der Rhein zwar zu steigen, ohne aber grossen Schaden anzurichten. Ende November 1882 wurden die Niederschläge massenhafter, bis auf jene der Schweiz waren die meisten Ströme Mitteleuropas angeschwollen; die Hochfluthen des Oberrheins blieben damals noch in mässigen Grenzen. Der raschen Abkühlung der Atmosphäre folgte Anfangs December in dem Hoch- und Mittelgebirge der Alpen ein starker Schneefall — darauf trat Ruhe ein. Als schliesslich Ende des Jahres 1882 (27. und 28. December) der Föhn über die Alpen hereinbrach und in der oberen Rheingegend besonders nachhaltig zu wirken begann, schmolz unter den, bei steigender Temperatur eingetretenen Regen die Schneedecke des Mittelgebirges; weil aber auf dem gefrorenen Boden nur wenig Wasser versickern konnte, so erzeugte der warme Luftstrom, im Vereine mit dem wässerigen Niederschlage, in den Thälern des Rheingebietes die bekannten verheerenden Ueberschwemmungen. **)

2. Die Regenfallperioden vom September und October zusammen genommen ergaben auf Grund der in Cornat thatsächlich beobachteten Gesamtregenhöhe $h'_0 + h'_1 = 0.493 \text{ m}$ für das Lessachthalgebiet eine Gesamt-Niederschlagsmenge von $q'_0 + q'_1 = 166372650 \text{ m}^3$, während in derselben Zeit am Wetzmannwehr $q_0 + q_1 = 636190844 \text{ m}^3$ abgeflossen sind. Auf das Lessachthal bezogen, entspricht das letztere Wasserquantum der mittleren Gesamthöhe von $h = 1.87 \text{ m}$, welche bedeutend grösser ist, als die in Cornat mit 0.493 m beobachtete.

Mit Berücksichtigung dieses und des weiteren Umstandes, dass die Wasserconsumtion-Messungen am Wetzmannwehr eine sehr grosse Wahrscheinlichkeit für sich haben, ist anzunehmen, dass die Regenmengen der Hochthäler und der Bergkuppen dieses Gebietes viel grösser, als die in Cornat beobachteten gewesen sein müssen; zumal schon Sonnklar angibt, dass die Niederschläge von unten nach

*) Die Septemberregen haben die oberste Kruste des ungeschützten, namentlich aber die Hochschotterbildungen derart gelockert, dass die abfliessende Octoberhochwasserwelle verhältnissmässig vielmehr feste Stoffe mitführte, als jene des September.

**) Ich verweise in dieser Hinsicht auf die sachgemässe Abhandlung: „Die Hochwasser-Katastrophe am Rhein im November und December 1882“ von Oberbaurath Max Honsell in Karlsruhe. Centralblatt für Bauverwaltung, herausgegeben im Ministerium der öffentlichen Arbeiten in Berlin, Nr. 5 und 6 des Jahrganges 1883.

den höchsten Kämmen der Alpen zu nehmen. Durch das eben erhaltene Resultat wird daher neuerdings die Thatsache bestätigt, dass das Beobachtungsmateriale der in den Thälern schütter vertheilten meteorologischen Stationen zur Bestimmung von nur annähernden Abflussmengen nicht genüge und den thatsächlichen hydrologischen Verhältnissen erst dann näher kommen dürfte, wenn die Berghöhen, die Hochthäler u. s. w. in ein dichteres meteorologisches Beobachtungsnetz einbezogen werden.

3. Die grosse Differenz zwischen der Niederschlags- und der Abflussmenge (nach der Rechnung ist dreimal mehr Wasser abgeflossen als die meteorologischen Beobachtungen über den Niederschlag ergeben haben) kann nur daher rühren:

a) dass die Niederschlagsmengen der höher als Cornat liegenden Hochthäler, dann jene der Bergkuppen viel bedeutender gewesen sein müssen, als in dem eben genannten Orte selbst.

b) Zu den, in Begleitung von warmen Südluftströmungen gefallenen Regen gesellte sich noch das Schmelzwasser des auf den Berggipfeln kurz vorher gefallenen Schnees. *)

c) Der weitaus geringste Theil (10958976 m^3) des abgeflossenen Gesamtwasserquantums besteht aus den, von den vegetationslosen Rissen und Runsen der Thalgehänge abgeschwemmten und suspendirt mitgeführten, festen Stoffen. Das trübe, mit Erdtheilchen geschwängerte, Wasser (nach Früherm wog 1 Kubikmeter 1027 kg) konnte bei dem grossen Gefälle des Flussbettes auf alle im Inundationsgebiete liegende Objecte viel grössere Kraftäusserungen ausüben, als es unter gewöhnlichen Verhältnissen der Fall ist.

4. Während in anderen Ländern, namentlich aber in Baiern, Böhmen u. s. w. den meteorologischen und hydrologischen Studien ein grosses Augenmerk zugewendet wird, **) steht in den Alpen, wie die eben erörterten Thatsachen auch bekräftigen, in dieser Hinsicht nur ein mangelhaftes, oft gar kein Beobachtungsmateriale zur Verfügung. Schon die continentale Stellung des Alpengürtels und der Umstand, dass die vom Mittelmeere kommenden Luftströmungen dort zuerst anprallen, wäre geeignet, die Hydrologie dieser Gebiete eingehender zu studiren, das Registriren der Naturereignisse in ein einheitliches System zu bringen und sie in Verbindung mit den atmosphärischen Excessen zur Lebensgeschichte der Alpenflüsse zu verarbeiten. Der Ingenieur wird dann gelegentlich der Projectsvorstudien für Flussregulirungen im Gebirge nicht mehr gezwungen sein, die Fixirung des physikalischen Bildes von Thal- und Flussläufen mit Hilfe bekannter Beobachtungsergebnisse anderer Localitäten vornehmen und nebenbei die Erfahrung machen zu müssen, dass die einfachsten der Localität eigenartigen atmo-

sphärischen Excesse oft genügen, die auf einer unrichtigen Basis fussenden Bauanlagen durch ein einziges Hochwasser zu zerstören.

Wohl lehrreich sind die bisher veröffentlichten wissenschaftlichen Arbeiten, *) welche die Abfuhr der Niederschläge, oder die Ermittlung von Hochwassermengen zum Gegenstande haben; allein sie alle erfordern ein gewisses meteorologisches und hydrologisches Beobachtungsmateriale als Prämisse, welche in den meisten Thälern des Alpengebietes leider oft ganz fehlt.

Und wer sich die Mühe nimmt, die für die Projectstudien so wichtigen Vorerhebungen von den Bewohnern der Localität zu erfahren, wird finden, dass die interessantesten physikalischen Vorgänge — wenn nicht pfarramtliche Memorabilienbücher sich ihrer erbarmen — von Generation zu Generation zu Grabe getragen werden, bis schliesslich dieses oder jenes für die Projectverfassung eminent wichtige Naturereigniss in der Phantasie der Nachkommen zu einem verzerrten Sagenbilde verklingt. Würde die Geschichte eines Wasserlaufes genau gekannt sein, so wäre es wohl nicht schwer, den Hochwasser-Katastrophen in den Thälern durch geeignete Mittel im Voraus entgegenzutreten, und man würde der Mühe überhoben sein, aus der Eigenthümlichkeit der Wasserverwüstungen jene kostspieligen Regeln abzuleiten, nach welchen die Wasserläufe gewisser Localitäten am leichtesten gebändigt werden können.

5. Eingehende Vorschläge zur Organisation des hydrotechnischen Dienstes zu entwickeln, fällt ausser den Rahmen dieser Arbeit. In den technisch-scientifischen Bureaux der Staats- und Landesverwaltungen sind die Fixpunkte des Netzes hiefür — welches entsprechend auszubauen, und nach Flussgebieten abzutheilen wäre — bereits angedeutet. Die Schwierigkeit der Vermehrung von Beobachtungsstationen, das Verschieben derselben bis in die entferntesten Hochthäler des Gebirges, wäre sehr leicht zu überwinden, wenn die Wegmacher oder sonstiges technisches Hilfspersonale **) des Alpengebietes zu diesem Dienst gegen Entgelt herangezogen werden würde.

Die Aussicht auf höhere Remunerationen wäre geeignet, den Eifer und die Gewissenhaftigkeit des Hilfspersonales nur aufzumuntern, und durch klare Instructionen würden die für die Strassenerhaltung angestellten Individuen, welche

*) Und zwar: Pralle, über die Bestimmung des durch die Flüsse abgeführten Theiles der Niederschlagsmengen in Flussgebieten. „Zeitschrift des Ingenieur- und Architektenvereines“ von Hannover 1877. Kaven, Bestimmung der Durchflussweiten, Civil-Ingenieur 1866. Vodicka, Ermittlung der Hochwassermassen bei Gebirgsflüssen aus dem Niederschlagsgebiete. Klunzinger, Beitrag zur Lösung der Aufgaben, aus dem Verlaufe des Niederschlages den Verlauf des Hochwassers zu bestimmen. Beide „Wochenschrift des österreichischen Ingenieur- und Architektenvereines“, Jahrgang 1882. Ausserdem a. m.

**) Bei der Errichtung der gewiss zeitgemässen Gewerbeschulen könnte in den Alpenländern auch auf die Ausbildung des für die Zweige des Wasser- und Strassenbaues so nothwendigen (wohlverstandenen) Hilfspersonales Bedacht genommen werden. Die Schnitzer, sowie andere den Alpenhöhlen üblichen Kunstgewerbe werden ihrem Berufe viel ruhiger und mit weit mehr Erfolg nachgehen können — wenn — die Oedbodenflächen wieder aufgeforstet und der Verkarstung der schönen Alpenhöhlen durch Zähmung der Wildwässer Einhalt gethan werden würde.

*) Welche Mengen Wassers die Gletscher und Schneefelder liefern, zeigt eine Berechnung des Hofrathes Hochstetter, nach welcher an einem warmen Sommertage von sämtlichen Gletschern der Alpen 180000000 m^3 Schmelzwasser an die dort entspringenden Bäche abgegeben werden.

**) Ich verweise auf die interessante Abhandlung: „Regen- und Abflussmenge“, vom Regierungsbaumeister H. Keller (Humboldt, Band I Heft 12) und auf die bekannten lehrreichen Arbeiten des Professor Harlachner in Prag u. a. m.

den intelligenten ausgedienten Militärs entnommen werden, zu diesem Dienstzweige ohne Schwierigkeiten abzurichten sein.

Das Beobachtungsmateriale aus den täglichen oder den wöchentlichen Rapporten der Stationen eines so ausgedehnten Netzes, in den entsprechenden hydrometrischen Centralstellen verarbeitet, müsste nicht nur der Hydrotechnik, sondern auch allen einschlägigen wissenschaftlichen Disciplinen bei der Klärung mancher wichtigen Frage grosse Dienste leisten. Nicht ohne Interesse wäre es, die Colmationskraft der Flüsse durch Untersuchungen von Wasserproben kennen zu lernen. Die suspendirten Stoffe des Hochwassers haben bei der reichlichen Menge nicht nur einen hohen Düngungswerth, *) sondern die Colmationskraft des Wassers ist bei Verlandungen, und der Urbarmachung sterilen Bodens von ganz besonderer Bedeutung.

IV. Einfluss der Herbsthochwässer von 1882 auf die Gailregulierungsarbeiten.

a) Thalsperren (Zone des absoluten Abtrages) im Septemberhochwasser.

1. Das Vorfeld der Thalsperre. Die Wildbachverbauungsarbeiten des Gailthales haben bis auf einige Zerstörungen der Steinvorwürfe des Vorfeldes wenig gelitten; es dürfte daher genügen, nur eines der vielen Objecte eingehender zu betrachten. Von den Wildbächen des Gailthales ist der mit einem Sammelgebiete von 2840 ha ausgestattete Osselitzenwildbach einer der gewaltigsten. Der 2.5 km lange Schuttkegel desselben (die fast 2 km breite Basis liegt im Hauptthale zwischen Tröpelach und Watschig) hat den Gailfluss schon bis zum Fusse der gegenüberliegenden Thallwand verdrängt, und weil der dort anstehende Glimmerschiefer dem weiteren Verdrängen der Flussspur, nunmehr einen grossen Widerstand entgegengesetzt, so ist der Hauptfluss an der Stelle — wenn der Osselitzenbach viel Geschiebe führt — oft gezwungen, sich mit Gewalt Bahn zu brechen.

Um die nach dem Hauptthale gerichtete Geschiebezufuhr abzuwachen, wurde der Osselitzenbach im Jahre 1877 durch eine grosse Thalsperre (Fassungsraum 3200 m³) verbaut. Das Object ist in Fig. 4, Bl. 27 skizzirt. Seit dieser Zeit hat sich der Bach im eigenen Schuttkegel ein tiefes Bett ausgewaschen. Die dem Fusse der Thalsperre zunächst liegende Bachsohle war im August 1879 gegen das im Jahre 1877

*) Ich verweise diesbezüglich auf die Beobachtungen des bekannten Hydrotekten Professor Harlachner über das Elbegebiet. Die Messungen vom Jahre 1866 bei Lobositz ergaben, dass ein Viertel der gesammten durch den Niederschlag gelieferten Wassers, welches jährlich immerhin noch 4750 Millionen, rund 5 Milliarden Kubikmeter betrug, durch die Elbe abfloss. In dieser Wassermenge wurden 815 Millionen feste, 160 Millionen flüssige, zusammen 975 Millionen Kilogramm Stoffe abgeführt. Durch die Elbe flossen oberhalb Teschen im Jahre 1877 rund 9, im Jahre 1878 rund 8 Milliarden Kubikmeter Wasser aus einem Gebiete von 51000 km² ab. Das Verhältniss zwischen Regen- und Abflussmenge kann für die Ober-Elbe 28.50% (1877) beziehungsweise 26.00% (1878) veranschlagt werden.

Nach den Untersuchungen des Professor Nowacki in Zürich trägt der Rhein jährlich 22000 metrische Tonnen Düngstoffe im Werthe von 29 Millionen Mark (14.5 Millionen Gulden), welche der Cultur ganz verloren gehen, dem Meere zu. Die Weichsel, die Elbe, Weser, Donau und die Küstenflüsse zusammen, geben an Düngstoffen das Dreifache der früher genannten Menge im Werthe von 120 Millionen Mark (60 Millionen Gulden) jährlich an das Meer ab.

vorhanden gewesene Gerinne fast um 5 m tiefer gelegen; die bestandene Geschiebmaterialhöhe war im September 1882 an den beiden Felswänden noch deutlich zu erkennen.

Keine der bisher angedeuteten Versicherungen des Vorfeldes, wie z. B. Pflasterungen, Steinvorwürfe u. s. w., konnten dem stürzenden Wasser widerstehen; der Fuss der Thalsperre wurde im Gegentheil derart ausgewaschen, dass das Objectsfundament (Bétonschihte) und ein Theil des aus gepresstem Schotter bestehenden Untergrundes ganz zu Tage getreten sind. Damit die, durch die grosse Wucht der fallenden Wassermassen beanspruchte Auffallsstelle des Vorfeldes von dem wunden Objectsfundamente weg, thalab zu liegen kam, wurde die Thalsperrkrone im Jahre 1880 mit einer hölzernen Abschlusstenne versehen. (Siehe Fig. 4).

In dieser Gestalt hat dieses Object während der Herbsthochwässer von 1882 den gewaltigsten Wasserangriffen widerstanden. Selbstverständlich sind zum Schutze des vom Wasser blossgelegten Fundaments entsprechende Maassregeln in Aussicht genommen. Wenn auch die Thalsperre in diesem Zustande sehr grosse Kraftproben bestanden hat, so ist es, trotzdem das, hinter dem Mauerwerkskörper gestaute Sickerwasser durch die Sickeröffnungen des Objectes abfliessen kann, immerhin möglich, dass die feinen, das Fundamentmaterial durchwühlenden Wasserfäden die gepresste Materialschihte des Fundamentes im Wege des Ausschleppens etwas lockern und die Nachpressungen, von Seite des darauf lastenden Steingewichtes, eine mit der Störung des Steinverbandes verbundene Senkung des Thalsperrkörpers hervorrufen könnten. *)

*) Die gemachte Andeutung, dass die Pflasterungen des Vorfeldes, dem Thalsperrfundamente den nöthigen Schutz zu gewähren nicht im Stande sind, gibt die Veranlassung, diesen Darstellungen eine kleine Untersuchung über die Inanspruchnahme der Pflastersteine nachfolgen zu lassen. Ist der Wildbach während irgend einer Regenperiode am Gipfel seiner Thätigkeit angelangt, so bringt er oft sehr grosse Steine in das Thal, und diese sind es, welche nach dem, über die Thalsperre erfolgten Sturze einzelne Stellen des Pflasters zerschmettern; den Rest der Arbeit, dasselbe zu unterwühlen und ganz zu zerstören, verrichten die nachstürzenden Wassermassen.

Durch die Coordinaten ausgedrückt, entsprechen irgend einem Elemente der parabolischen Fallbewegung einer Masse, die Componenten u. zw. horizontal $y = v_y t$ und vertical $x = \frac{g t^2}{2}$ (siehe Fig. 4, die punk-

tirten Linien); v_y bedeutet die der Masse in horizontaler Richtung mitgetheilte Geschwindigkeit, t die Zeitdauer der Fallbewegung, g die Beschleunigung der Schwere = 981. Durch Elimination der Zeit erhält

man $v_y = \sqrt{\frac{y^2 g}{2x}}$ als horizontale, $v_x = \sqrt{2gx}$ als verticale Componente. Die resultirende Geschwindigkeit v in irgend einem den

Coordinaten x und y entsprechenden Elemente der Wurfparabel ist daher:

$$v = \sqrt{2gx + \frac{g y^2}{2x}} \dots \dots \dots (I)$$

Durch diese Gleichung kann die Geschwindigkeit des fallenden Körpers an jener Stelle, wo die Wurfparabel das Pflaster trifft, ausgedrückt werden.

Fällt der Körper aus geringen Höhen, so ist, mit Beachtung des Widerstandes der atmosphärischen Luft, die der Geschwindigkeit v entsprechende Fallzeit

$$t = \frac{1}{2r} \lg n \frac{1+m}{1-m} \dots \dots \dots (II)$$

und die Geschwindigkeit des fallenden Körpers nach dieser Zeit:

Nach dieser Darlegung wird die Lösung der auf die Sicherung des Thalsperr-Fundamentes abzielenden Aufgabe

$$v = \sqrt{\frac{g}{a} \cdot \frac{1 - \frac{1}{e^{2rt}}}{1 + \frac{1}{e^{2rt}}}} \quad \dots \dots \dots \text{ (III)}$$

dabei ist $m = \sqrt{\frac{a}{g}}$, $r = \sqrt{ag}$, für den Luftwiderstand gilt bekanntlich der Ausdruck $\frac{k \Delta A}{Q} \frac{v^2}{2g}$; daraus ist $\frac{k \Delta A}{2Q} = a$ gesetzt. Δ in Kilogramm ist das absolute Gewicht eines Kubikmeters atmosphärischer Luft bei gegebener Temperatur und Barometerstande, k ist ein von der Form des fallenden Körpers abhängiger Widerstandscoefficient, nach Poncelet für die Kugelform 0.529. A bedeutet den senkrecht auf die Richtung der Fallbewegung gedachten Querschnitt des fallenden Körpers vom Gewichte Q .

Bedeutet μ die lineare Formänderung eines Körpers (Pflastersteines) von der Stärke s , dann σ die Inanspruchnahme der Flächeneinheit des Materiales, E den Elasticitätsmodul, so ist innerhalb der Elasticitätsgrenze erlaubt zu setzen:

$$\frac{\mu}{s} = \frac{\sigma}{E} \text{ oder } \mu = \frac{\sigma s}{E}$$

Der Widerstand W , den der beanspruchte Theil des Körpers von der Fläche F der einwirkenden Kraft entgegengesetzt, ist $W = \sigma F$. Die Arbeit des über die Thalsperre stürzenden Steines vom Gewichte Q , muss für's Gleichgewicht der Widerstandsarbeit des Pflastersteines gleich sein. Daher: $Q \frac{v^2}{2g} = W \mu$. Nach Vornahme der nöthigen Substitutionen ergibt sich die Beanspruchung der Unterlage (Pflasterstein) pro Flächeneinheit mit $\sigma = \sqrt{\frac{v^2 Q E}{2g F s}}$

Die Thätigkeit der Wildbäche steigert sich manchmal zu Kraftausserungen, welche die gewöhnlichen Vorstellungen weit übertreffen. Steine von 1.5 m³ Inhalt kommen in den Wildbach-Aufnahmegebieten nicht selten vor. Ein Zahlenbeispiel dürfte die diesfällige Beanspruchung des Vorfeldpflasters von Thalsperren etwas klarer machen.

Für $x = 7m$, $y = 2m$ würde (Gleichung I) die Geschwindigkeit eines im luftleeren Raume über die Thalsperre fallenden Körpers $v_r = 11.83 m$ sein. Es ist möglich, wenn dieser Werth in die Gleichung II eingesetzt wird, auf Grund der bekannten Fallzeit t , mit einer hinlänglich genauen Annäherung die Geschwindigkeit v des im widerstehenden Mittel der Luft fallenden Körpers aus der Gleichung III zu berechnen. Dem Stein-Volumen von 1.5 m³ entspricht das Gewicht zu berechnen. Dem Stein-Volumen von 1.5 m³ entspricht das Gewicht (spec. Gewicht 2.6) $Q = 3900 kg$, der zur Fallrichtung normale Querschnitt des fallenden Steines $A = 1.57 m^2$; das Gewicht eines Kubikmeters atmosphärischer Luft bei mittlerer Temperatur und Barometerstande ist $\Delta = 1.22 kg$. Der Widerstandscoefficient für die als Kugel oder Ellipsoid anzusehenden Steine ist $k = 0.53$; $g = 9.81$. Nach der Substitution der entsprechenden Grössen in die Gleichung II wird die Fallzeit $t = 1.2$ Secunden und die Geschwindigkeit des fallenden Körpers im Momente des Aufstossens am Pflaster mit Berücksichtigung des Luftwiderstandes $v = 11.7 m$. Wenn die Pflastersteinstärke $s = 70 cm$, des Luftwiderstandes $v = 11.7 m$. Wenn die Pflastersteinstärke $s = 70 cm$, E der Elasticitätsmodulus für Stein 31.000 kg, Q wie früher 3900 kg, die Grösse der beanspruchten Fläche des Körpers mit 16 cm² angenommen wird, so ergibt die auf einen Quadrat-Centimeter entfallende Beanspruchung des Pflastersteines mit $\sigma = 870 kg$.

Die Druckfestigkeit der Kalksteine ist sehr verschieden, sie liegt je nach der Qualität derselben innerhalb der Grenzen von 400 und 800 kg pro Quadrat-Centimeter, ein Beweis, dass der betrachteten Art der Beanspruchung selbst die besten Kalksteinsorten nicht zu widerstehen vermögen; dazu kommt noch zu bedenken, dass das Pflaster von den fallenden Massen im Wege des Stosses angegriffen wird. Schon die über die Thalsperre stürzende Wassermasse trägt in Verbindung mit den mitgeschwemmten kleineren Steine, durch Erschütterung des Vorfeldbodens, durch die schlemmende Wirkung der den Untergrund durchwühlenden Wasserfäden, zur Lockerung des Pflasters während des Wildbachganges vielfach bei; öfters genügt das Fehlen eines aus der innegehabten Lage geschwemmten Pflastersteines, um die Zerstörung des ganzen Vorfeldes möglich zu machen.

stets dahin gerichtet sein müssen, die in den fallenden Massen aufgespeicherte ledendige Kraft auf eine billige und rationelle Weise abzuschwächen, oder ganz unwirksam zu machen.

Dieser Zweck kann erreicht werden:

α) Durch Abstufung des Profils der Thalsperre oder jenes des Vorfeldes;

β) durch alle Arten von Pflasterungen des Vorfeldes;

γ) durch Versicherung des Vorfeldes mit Steinwürfen;

δ) durch Versicherung des Vorfeldes mit Hilfe elastischer, die Stosskraft abschwächender Medien.

ad α) Der stufenförmige Querschnitt des Thalsperrkörpers erfordert, da von der gerechneten Kronenstärke desselben nicht abgegangen werden darf, eine viel grössere Mauerwerksmasse als es nothwenig ist. Neben dem daraus erwachsenden Nachtheile grösserer Anlagekosten wäre die baldige Abnutzung der Stufen, durch die sägende Wirkung des Geschiebes,*) dann der schädliche Einfluss der Stösse grösserer Steine, besonders geltend zu machen. Bei kräftiger Geschiebeführung der Wildbäche sind derartige cascadenförmig angelegte Objecte nicht nur aus technischen, sondern auch aus ökonomischen Gründen zu verwerfen.

ad β) Die Unzulänglichkeit der Pflasterungen wurden schon seinerzeit bei den Thalsperren des Canalthales charakterisirt. Weder das massive Pflaster noch der gepflasterte Rost, konnten den, über die Thalsperre auf das Vorfeld stürzenden Massen auf längere Dauer widerstehen. In Bachbetten, wo sich in der, unter der Thalsperre liegenden Gerinnstrecke das Gleichgewichtsprofil noch nicht hergestellt hatte, gewähren derartigen Versicherungen keine zu grosse Stabilität. Indem das Bachbett sich immerzu vertieft, wird das Pflaster, wenn es an der thalseits gelegenen Grenze durch tief gegründete Querdämme (Consolidations-Objecte) nicht abgeschlossen und geschützt ist, wie das Vorfeld der Osselitzen-Thalsperren beweist, nach und nach unterspült und sodann zerstört.

Stark geneigte Vorfeldpflaster wären — da die, in der Richtung des Normalwiderstandes fallende Kraftcomponente kleiner wird — geeignet, die stürzenden Steine weniger schädlich zu machen, allein die Mehrkosten der soliden Herstellung und die sorgfältige Erhaltung eines solchen Pflasters überwiegen die gewonnenen Vortheile.

ad γ) Die Steinwürfe werden als Thalsperrfuss-Versicherungen nur dann eine längere Dauer in Aussicht stellen, wenn ihre thalseits gelegene Grenze durch tiefgegründete Querdämme (Consolidations-Objecte) gestützt wird. Die im Gailthale in ähnlicher Weise ausgeführten Versicherungen haben gezeigt, dass die Steine des Vorwurfes vom stürzenden Wasser nach vorne (Fig. 4, siehe Linie $m n o$) geschoben wurden.

*) Die Sohle des zum grössten Theile in einer Curve liegenden Sillbachtunnels bei Matrey in Tirol (Brennerbahn) hat ein Gefälle von 1:11. Die reissende Sill durchfliesst den Bachtunnel mit einer Geschwindigkeit von 12—16 m. Das mitbewegte Geschiebe schleift die Steine des Sohlengewölbes im Wege des rillenförmigen Auslägens derart ab, dass es öfters nothwendig wird, das Pflaster auf eine sehr kostspielige Weise auszuwechseln.

Würden derartige Steinvorlagen an der thalseitigen Grenze des Thalsperr-Vorfeldes jedes Haltes entbehren, so könnten die grossen thalab geschwemmten Steine derselben der Ausbildung des Flussgerinnes geradezu schädlich werden. Jede nothwendige Erneuerung der Steinvorwürfe wäre mit Kosten verbunden, dabei würde dem Principe des Zurückhaltens der Geschiebemassen im Gebirge durch so bewegliche Anlagen in keiner Weise Rechnung getragen werden.

ad δ) Elastische Medien werden sich am besten eignen, die in stürzenden Massen aufgehäufte lebendige Kraft aufzuehren. Bei gehöriger Tiefe bringen die am Fusse der natürlichen Wasserfälle situirten Wassertümpel ähnliche Wirkungen hervor. Sobald die stürzenden Massen genöthigt werden, während ihrer Bewegung eine Wasserschichte zu passiren, so wird die Sohle eines solchen Reservoirs viel weniger beansprucht, als wenn der Boden directen Kraftäusserungen ausgesetzt ist. Die mit dem Geschiebe mitbewegten Steine des Bachbettes werden in solchen Mulden zeitweise zurückgehalten, sie stellen den auf die Sohle gerichteten Wasserangriffen einen gewissen Widerstand vorerst selbst entgegen; werden sie mit der Zeit herausgeschwemmt, so wird der entsprechende Raum wieder von Wasser eingenommen. Der Wechselwirkung solcher Medien ist es eben zuzuschreiben, dass die Auskolkung der Tümpel nur bis zu einer gewissen Tiefe gedeihen und die Stosskraft fallender Körper abgeschwächt werden kann.

Ein gepflastertes, thalseits durch einen tiefgegründeten Damm abgeschlossenes Wasserbassin am Vorfelde einer Thalsperre angebracht, wäre gewiss geeignet, in der eben erörterten Weise thätig zu sein. Derartige Wasserbecken könnten durch den Einbau von Consolidations-Objecten sehr leicht hergestellt werden.

Diese Methode der Versicherung des Thalsperr-Fundamentes, auf welche ich schon seinerzeit hingewiesen habe, wurde am Vorfelde der Vogelbach-Thalsperre im Canalthale in Kärnten schon im Jahre 1879 ausgeführt und soll sich dort gut bewährt haben.

Mit der definitiven Versicherung der Thalsperr-Vorfelder sollte erst dann vorgegangen werden, wenn die vom Thalsperrfusse thalab gelegenen Wildbachstrecke das Gleichgewichtsprofil angenommen und das Wasser zu erodiren aufgehört hat. Wie das Beispiel der Osselitzen-Thalsperre zeigt, ist es gerathen, die Fundamentsohle solcher Objecte im angeschwemmten Boden möglichst tief zu legen. Das fragliche Wasserbassin des Vorfeldes gleich nach der Erbauung der Thalsperre auszuführen, würde dem soeben erörterten Zwecke deshalb nicht entsprechen, weil die thalab liegende Bachstrecke, wie jene des Osselitzen-Wildbaches (siehe Fig. 4 beständenes Pflaster und heutiges Bachbett) nach und nach sich senkt, während die Sohle des fixen Wasserbassins in der hohen Lage zu verbleiben gezwungen wird. Besteht zwischen der Bassinsohle des Vorfeldes und dem neu ausgeschwemmten Bachbette ein zu grosser Niveau-Unterschied, so wird es, von Zerstörungen durch Unterwaschungen und sonstigen Zufällen abgesehen, wieder nothwendig, den Fuss des Querdammes, welcher das oberste Bassin abschliesst, durch Pflasterungen oder durch eine zweite tiefer gelegene Bassinanlage gehörig zu versichern.

b) Die Geschiebeabfuhr der Wildbach-Aufnahmsgebiete.

Der Fassungsraum von $32.000 m^3$, welcher im Aufnahmsgebiete des Baches im Jahre 1877 durch die Osselitzen-Thalsperre abgedämmt wurde, war im Jahre 1881 bereits vollgefüllt und die von demselben thalauf gelegene Bachstrecke im Begriffe das Gleichgewichts-Profil anzunehmen. Der Bach hat demnach zur Ausfüllung des Thalsperrbeckens im Mittel das jährliche Materialquantum von $32.000 : 4 = 8000 m^3$ abgeben. Auf die Fläche des Aufnahmsgebietes des Osselitzenbaches vertheilt, entspricht das in einem Jahre abgelagerte Materialquantum einer Schichte von $8000 : 284.000 = 0.0003 m = 0.3 mm$, ein Wink, dass in pflanzenarmen Wildbachgebieten die Abschwemmung der dünnsten Materialschichte genügt, den Fluss des Hauptthales, wie unzählige Beispiele bestätigen, mit Geschiebe zu überlasten. Es dürfte wohl schwer gelingen, aus dem Zustande des Wildbach-Aufnahmsgebietes auf die jährliche Geschiebe-Abfuhr quantitativ zurückzugreifen, da die Geschiebe-Erzeugung und Geschiebe-Abfuhr von zu vielen Factoren, wie z. B. dem geologischen Bau und der Disgeogenität der Gehänge, von der Art und Dichte der Pflanzendecke, von den jährlichen Temperatur-Extremen, von der Intensität und der Menge der jährlichen Niederschläge abhängig ist. Würden neben den constructiven Details der Thalsperren, auch über die Grösse des geschaffenen Ablagerungsraumes, über die bis zur completen Ausfüllung desselben vergangene Zeit, über den culturellen und geologischen Zustand der Wildbach-Aufnahmsgebiete, genügende Anhaltspunkte vorhanden sein, so könnten, bei der grossen Anzahl ausgeführter oder in Ausführung begriffener Thalsperren, die das Leben und die Thätigkeit der Wildbäche aufklärenden Kenntnisse ein viel grösseres Gesichtsfeld darbieten.

c) Die Flussregulirungsbauten des Hauptthales im Septemberhochwasser. (Zone des absoluten Auftrages.)

Aus dem Lessachthale tretend, wird die Gail von dem Leitcanale der Regulirungstrecke Wetzmann-Höfling aufgenommen. Um das Wasser nach dem Leitcanale hinzulenken, liessen die bereits bestanden Uferschutzbauten (der Kötschacherdamm am linken und der Mauthendamm am rechten Flussufer) einen flügel förmigen Anschluss der Steindämme in der Form des bestehenden Trichters als nothwendig erscheinen. (Siehe Situation Fig. 1.) Die Regulirungsspur dieser Strecke ist von Wetzmann ab bis unterhalb der Mauthenbrücke gerade, geht dann dort in eine Curve über und setzt sich bis zu den Mündungen des Kötschacherbaches (linkes), dann des Valentinbaches (rechtes Ufer) wieder in einer Geraden fort. Die Mündungsfelder der beiden letztgenannten Bäche erforderten, dass die Einbauten unterbrochen werden mussten, dass die Fortsetzung der Regulirungswerke, gegenüber der Manndorfer Säge mit einem Trichter begonnen, und der anschliessende Leitcanal bis nach Höfling in der Geraden fortgesetzt wurde.

Die Lage dieser Regulirungstrecke war derart, dass die Leitdämme, wie die Verlandungs-Traversen, dem, aus dem Lessachthale tretenden vereinigten Wasserströme, namentlich

aber den wuchtigen Angriffen der massenhaften Holzaufuhr zu begegnen hatten. Mit Ausnahme des Trichters am Köttschacherdamm, und desjenigen bei der Manndorfer Säge, haben die Regulirungsbauten dieser Flussstrecke vorzüglich gehalten. *)

Der flügelartige Anschluss des linksufrigen, an den Köttschacherdamm anschliessenden Werkes hat die dort anprallende Hauptwassermasse des Stromes nach den Mauthen-seits stehenden Damm und zwar nach *B* hingelenkt. Wenn auch der Leitdamm bei *S* den heftigsten Wasserangriffen lange widerstanden hatte, so musste derselbe den Unterwaschungen nachgeben, was zur Folge hatte, dass in der Richtung des bestandenen Gailbettes ein Nebenarm entstanden war, welcher aber noch vor der Mauthenbrücke in den Leitcanal zurückkehrte.

Dieselbe Erscheinung wiederholte sich in dem Manndorfer Trichter, welcher ausser dem Gailstrom den Köttschach- und Valentinbach aufzunehmen hatte. (Siehe Situation Fig. 1).

Die durch den Dammsügel der Manndorferseite (*MH*) abgelenkte Wassermasse hat die gegenüberliegenden, bei Würmlach angelegten Deckwerke ebenfalls ganz zerstört; ein Beweis, dass der Construction der Parallelwerks-Einläufe eine besondere Sorgfalt zugewendet werden soll.

Die hinter den Leitdämmen und zwischen den Verlandungs-Traversen im Ueberfluthungsrayon situirten Reserve-Materialfiguren waren durchaus günstig postirt; trotz der heftigen Wasserströmung waren diese Steinkörper den Regulirungswerken nirgends nachtheilig, sie trugen vielmehr zum Schutz derselben bei.

Wie schon angedeutet, haben die Stösse des aus dem Lessachthale massenhaft abgeschwemmten Holzes (Bauleiter Grueber schätzt die Quantität auf 10.000 m^3) den Regulirungswerken gewaltig zugesetzt; ein Factor, welcher noch später eingehender erwogen wird.

Bis auf einzelne im Inundationsgebiete verirrte, durch Auffahren an den Traversen oder im Schotter sitzen gebliebenen Stöcke, ging das Holz in dem Leitcanal ganz anstandslos ab, erst in der Flusskrümmung unterhalb der Mauthenbrücke (siehe Situation Fig. 1) wurden die Holzklötze durch die Centrifugalkraft mit aller Gewalt gegen den äusseren Steindamm geschleudert, und bauten sich auf der Werkskrone zu einen mit Kleinholz und Gestrüpp verfilzten, sehr widerstandsfähigen, den heftigsten Wasserangriffen trotzen Holzwall auf. Diese Art der Evacuirung des Treibholzes ist aus dem Grunde hervorzuheben, weil die Einschaltung von Curven an richtiger Stelle das billigste Mittel ist, das Holz aus dem Flussbett zu schaffen, die thalab liegenden Regulirungsbauten vor Devastationen zu bewahren und, durch sitzen gebliebenes Holz entstehende, Flusslaufverwilderungen zu verhindern.

Die Durchflussprofilsfläche des Leitcanales Wetzmann-Höfling beträgt bei Mittelwasser (Werkskronenhöhe) $F' = 45 m^2$, das relative Gefälle zwischen Vorfeld des Wetzmannwehrs (709 m ü. d. M.) und der Mündung des Valentinbaches (680 m ü. d. M.) ungefähr 0.01. Bei einer

Geschwindigkeit von 4.05 m würde das Mittelwasserprofil das secundliche Wasserquantum von 170 m^3 consumiren. Da im geschlossenen Profil am Wetzmannwehr das secundliche mittlere Wasserquantum von 613.6 m^3 abgegeben wurde, so mussten in der gleich unterhalb liegenden Regulirungsstrecke, roh gerechnet, $613.6 - 170 = 543.6 m^3$ als Ueberfluthungswasser functionirt haben. Mit Rücksicht auf die grosse Menge suspendirt mitgeführter fester Stoffe, und der verzögerten Geschwindigkeit des Ueberfluthungswassers, wird die rasche Verlandung der tothen Flussarme des angrenzenden Geländes begreiflich erscheinen.

In den thalab liegenden Regulirungsstrecken hat das Hochwasser, mit Ausnahme jener von Höfling-Nölbling, von kleineren unvermeidlichen Schäden abgesehen, durchaus günstige Resultate ergeben.

Die bedeutenden Wasserschäden zwischen Höfling und Nölbling beruhen auf dem Umstande, dass keine geschlossenen, sondern nur vereinzelt stehende Bauten, welche die eigentliche Regulirungslinie nur andeuteten, aus Ersparungsrück-sichten zur Ausführung gekommen sind. Die Folge dessen war, dass die zerstreut liegenden Werke dieser Flussstrecke nur zu Stauungen und Umgehungen Anlass gegeben haben. Bei Dellach ist die Gail an zwei Stellen eingebrochen, hat 150 Joch Ackergrund weggerissen und sich dort ein ganz neues Bett gebildet. Eine weitere Ursache der verheerenden Wirkungen des Wassers war in dem Gefällsbruche der Flussstrecke begründet. Aus dem Leitwerke der Strecke Wetzmann-Höfling (Gefälle 1:114) trat das Wasser in die mangelhaft regulirte Flussstrecke Höfling-Nölbling (Gefälle 1:163); diese Gefällsänderung bewirkte im Vereine mit der grossen Wasserkraftzersplitterung die Verschotterung der unteren, ungenügend verbauten Regulirungsstrecke.

Die geschlossenen Regulirungsstrecken zwischen Nölbling und Möderndorf haben sich gut bewährt; zwischen Griminitzen und Gundersheim haben die Leitwerke und Verlandungs-Traversen so vorzüglich gewirkt, dass die dortigen Verlandungen die Uferhöhe erreichten; bei einem so grossartigen Hochwasser und der enormen Colmationskraft der Gail war dies auch zu erwarten. Der frisch angeschwemmte, fette Boden könnte wegen der Fruchtbarkeit sofort bebaut werden. Sehr günstig standen die Regulirungsarbeiten Rattendorf-Podlanig und das Profil der im Durchstiche liegenden Flussstrecke Podlanig-Möderndorf*) hat sich besonders vortheilhaft ausgebildet. Die vor einigen Jahren regulirte Mündungsstrecke Unterschütt-Perau lieferte ebenfalls befriedigende Resultate.

d) Die Thalsperren im Octoberhochwasser.

Wie während der Septemberregen, haben die Thalsperren auch während des Octoberhochwassers gut functionirt, grössere Beschädigungen derselben sind nirgends vorgekommen.

e) Die Gailflussregulirungs-Arbeiten im Octoberhochwasser.

Der zwölftägige Septemberregen hat der gewaltigen Geschiebe-Aufuhr des Octoberhochwassers, durch Unter-

*) Die Ausführung dieses Theiles der Gailregulirungsbauten wurde dem Gutsbesitzer Rizzi in Köttschach übertragen.

*) Die unteren Regulirungsstrecken wurden vom Unternehmer Pizzo sehr solid ausgeführt.

wühlung unbewaldeter Lehnen, durch Lockerung der Diluvial-Hochschotterbildungen und recenten Schutthalden, gut vorgegearbeitet.

In der Sohle des engen Lessachthales findet die Gail wenig Raum sich auszubreiten; sie durchbricht daher die, das eigene Flussbett durchquerenden Geschiebedämme der Seitenthäler mit aller Gewalt, und lässt den grössten Theil des mitgeschwemmten Geschiebes deshalb zwischen Köttschach Mauthen und Nölbling liegen, weil die breite und flache Thalsohle der Ausbreitung des Wasserstromes keinen Widerstand entgegensetzt.

Diese Thatsache erklärt den Grund, weshalb die im October 1882 aus dem Lessachthale geschwemmte Geschiebewelle von 1.5 Millionen Kubikmeter Material es vermochte, die Regulierungsarbeiten im Thalgrunde zwischen Wetzmann und Nölbling ganz zu verschütten, und den inundirten Boden dieser Flussstrecke um 0.5 m zu heben. Wäre die im Lessachthale geplante Thalsperre (die Stelle liegt 500 m von Wetzmannwehr thalauf, siehe Fig. 2) zur Ausführung gekommen, so würde diese Katastrophe jedenfalls vermieden worden sein; die Ausführung des fraglichen Objectes scheiterte leider an der Bauvergebung. Uebrigens ist es sehr wahrscheinlich, dass die Herbsthochwässer vom Jahre 1882 die Thalsperre unvollendet angetroffen hätten.

Die Regulierungsarbeiten von Nölbling ab bis Mödern-dorf haben, weil die kräftigsten der in dieser Flussstrecke mündenden Wildbäche gut verbaut sind, kleinere Beschädigungen abgerechnet, nicht viel gelitten. Bezüglich der Ausbildung des Flussschlauches, namentlich aber hinsichtlich der Verlandungen, wurden die befriedigendsten Resultate erzielt.

V. Bemerkungen zur Construction der steinernen Leitdämme.

Trotz des grossen Gefälles der Gebirgsflüsse wird der Beharrungszustand des Geschiebes an der Flusssohle bei Niederwasser stets gewahrt bleiben; erst die Mittelwässer, im erhöhten Maasse aber die Hochwässer, sind im Stande den Grund aufzuwühlen und das Materiale der Flusssohle thalab zu bewegen. Mit Zunahme der anschwellenden Wassermenge wächst mit dem Drucke auf die Unterlage auch die bewegende Wasserkraft; unter unausgesetzten Pressungen von oben, dringen die Wasserfäden in die zahllosen, zwischen den Materialpartikeln befindlichen Canälchen der obersten Schichte ein; hat das darin gestaute Wasser eine Spannung erreicht, welche geeignet ist, die zwischen den Materialpartikeln bestehende Reibung aufzuheben, so wird das oberste Materiale der Flusssohle lebendig.

Solchen, mit dem Transporte recenten Geschiebes verbundenen Unterwühlungen kann nur durch Belastung des Bodens deshalb entgegengetreten werden, weil die darin circulirenden Wasserfäden nicht immer im Stande sein werden, die Ruhe des, durch die Last des Steingewichtes verspannten Bodenkleinmaterials zu stößen. Steindämme, Steinvorwürfe u. s. w. sind im Flussebau, in Anbetracht ihrer Schmiegsamkeit, der geringen Fundirungstiefe und der billigen Herstellungskosten wohl am geeignetsten, die Geschiebebewegung auf der Flusssohle abzugrenzen und

der wühlenden Thätigkeit des Wassers einen beharrlichen Widerstand entgegenzusetzen.

In dem Durchflussprofile kann die Geschiebebewegung unter folgenden Umständen zur Geltung gelangen:

1. Das Niveau der bestehenden Flusssohle senkt sich nicht, die Geschiebezufuhr hält im Gerinne der Geschiebeabfuhr das Gleichgewicht;

2. die Geschiebeabfuhr ist grösser als die Geschiebezufuhr, d. h. das Wasser erodirt, mit dem Sinken der Flusssohle wird der Fuss der Regulierungswerke angegriffen;

3. die Geschiebezufuhr ist grösser als die Geschiebeabfuhr, dann wird das Durchflussprofil, wie die Regulierungswerke der Strecke Wetzmann-Nölbling, einfach verschottert.

Wenn von dem letzten Falle, welcher nur durch Sanirung der, in den Hochthälern des Gebirges herrschenden Uebelstände unschädlich gemacht werden kann, abgesehen wird, so ergibt die nähere Betrachtung der beiden ersten Fälle, dass namentlich zwei Stellen der als Trockenmauer oder Steinsatz hergestellten Regulierungswerke zu beachten sind, welche gegen Wasserangriffe besonders gesichert werden müssen, u. zw.:

- a) die Dammkrone, welche den wuchtigsten Stössen des Schwemmholzes und

- b) der Dammfuss, dessen Unterwaschung die Lockerung des Steinverbandes und im Weiteren die Zerstörung des Steindammes nach sich zieht.

ad a) Der Dammkopf. Die Menge, des in den Gebirgsflüssen während der Hochwasserdauer in's Hauptthal abgeschwemmten Holzes hängt hauptsächlich von dem culturellen Zustande der Hochthäler ab. Wenn in einem Flussgebiete viel Holzschläge vorhanden sind, so befinden sich unter dem Schwemmholze oft Klötze von sehr starken Dimensionen, und bei der grossen Wassergeschwindigkeit wird die im Stosse verbrauchte lebendige Kraft, namentlich an den, als Trockenmauern oder Steinsatz ausgeführten Wasserbaubjecten, derartige Beschädigungen hervorbringen, dass es dem Wasserstrome ein Leichtes wird, die vom Holze begonnene Zerstörung fortzusetzen.

Während das Wasser des Flusses zu steigen beginnt, kommt sehr wenig Treibholz in das Thal. Erst wenn das entfesselte Element die Materialien der Seitenthäler gelockert und der Spiegel des Wasserstromes mittlerweile die Leitdammkrone erreicht hat, kommen die Holzblöcke reichlicher herabgeschwommen und richten ihre Stösse gegen die Decksteine der Krone der Regulierungswerke. Die letzteren können dem anprallenden Holze nur das, um das verdrängte Wasservolumen verminderte Steingewicht als Widerstand entgegen setzen. Sobald die Werke hoch überfluthet sind, dann kann das Treibholz denselben nur wenig Schaden zufügen.

Der grosse Steinreichthum der Gebirgsländer macht es möglich, die Regulierungsobjecte verhältnissmässig sehr billig herzustellen. Es liegt daher die Frage sehr nahe, wie gross das Gewicht, resp. das Volumen, der die Werkskrone bedeckenden Bruchsteine sein muss, damit sie den Stössen des Treibholzes den nöthigen Widerstand entgegenzusetzen vermögen. Dabei wäre hervorzuheben, dass der Normalstoss als der ungünstigste Fall der Beanspruchung der Werke

deshalb im Auge behalten wird, weil alle schiefen, die Steine nur mit der, in die Richtung des Normalwiderstandes fallenden Componente beanspruchenden Stösse der Kraftwirkung nach geringer sind, als es beim Normalstoss der Fall ist.

Die Kraftäusserung des Normalstosses kann in die Componente K zerlegt werden, welche beim Anprallen des Holzblockes an den Stein in mechanische Arbeit umgesetzt wird und weiters in eine zweite Componente, welche den Holzblock nach der Ueberwindung des Hindernisses weiterbewegen würde. Für die vorliegende Untersuchung ist selbstverständlich die Componente K maassgebend.

Wäre Q das Gewicht des Holzblockes, $h = \frac{v^2}{2g}$ die der Wassergeschwindigkeit v entsprechende Fallhöhe, $g = 9.81$, q das Decksteingewicht, so ist:

$$K = Q h \left(\frac{q}{Q + q} \right)$$

Bedeutet f den Reibungscoefficienten des Steines auf seiner Unterlage, so ist der Widerstand W , welchen der Stein dem Holzstocke entgegengesetzt, $W = f q$ und für's Gleichgewicht zwischen der gestossenen und stossenden Masse

$$q f = Q h \left(\frac{q}{Q + q} \right)$$

Steigt das Wasser über die Werkskrone, so vermindert sich das Decksteingewicht um das Gewicht des von demselben verdrängten Wasservolumens $q' = \frac{q}{\sigma}$. Wenn σ das spezifische Gewicht der Steingattung bedeutet, so ist:

$$(q - q') f = Q h \left(\frac{q - q'}{Q + (q - q')} \right)$$

nach Substitution des Werthes für q' und nach entsprechender Reduction lautet die Gleichung:

$$q^2 + \frac{\sigma Q}{(1 - \sigma)^2} \left[\frac{h}{f} (1 - \sigma) + (\sigma - 1) \right] q = 0$$

Einige auf Grund des Gewichtes grösster und kleinster mit gegebener Geschwindigkeit bewegter Holzklötze gerechnete Zahlenbeispiele werden helfen, die untere Grenze der Decksteingrösse solcher Wasserbauobjecte, welche Ueberfluthungen ausgesetzt sind, annähernd festzulegen.

1. Ein Holzblock vom Gewichte $Q = 2400 \text{ kg}$ (Fichtenholz spezifisches Gewicht 0.8, Stammlänge 10 m, mittlerer Durchmesser 0.6 m, Inhalt 3 m³, gehört in diesen Dimensionen schon zu den grössten Holzgattungen) stosse, als den ungünstigsten Fall angenommen, normal auf einen Stein der Dammkrone *) (Glimmerschiefer, spezifisches Gewicht 2.6).

Frage: Wie gross muss das Steingewicht sein, um dem mit der Geschwindigkeit $v = 4 \text{ m}$ geführten Holzstosse zu widerstehen?

Der Reibungscoefficient von Stein auf Stein sei $f = 0.5$ **)

*) Die Verlandungstraversen werden vom Holze stets normal, die zur Flussrichtung parallel liegenden Leitdämme, wenn sie gerade sind, nur unter sehr spitzen Winkeln getroffen.

**) Da die Lagerfugen des überflutheten Steines benetzt sind und die Reibung zwischen den Steinflächen wegen des sich ansetzenden Schlammes bedeutend vermindert wird, so hat die obige Annahme mit Rücksicht auf die rauhen Bruchsteinoberfläche eine gewisse Berechtigung.

(in dem Falle die oberste Steinschichte des Trockenmauerwerkes). Die letzte quadratische Gleichung ergibt nach Substitution der entsprechenden Werthe das Steingewicht: $q = 2894 \text{ kg}$, oder bei dem spezifischen Gewichte von 2.6 das Steinvolumen von 1.2 m³.

2. Wenn der Deckstein von dem Gewichte $q = 520 \text{ kg}$ (oder das, diesem Gewichte entsprechenden Volumen von 0.2 m³ als bekannt vorausgesetzt) einem bestimmten Holzstosse widerstehen soll, so kann auch gefragt werden, wie gross für den gegebenen Fall für das Gleichgewicht das Volumen, resp. das Gewicht des stossenden Holzblockes sein darf. Wenn die sonstigen Annahmen des vorhergehenden Beispiels beibehalten werden, so ist aus der früheren Gleichung:

$$Q = -\frac{q}{\sigma} \left[\frac{h}{f} \frac{(1 - \sigma)^2}{(1 - \sigma) + (\sigma - 1)} \right]$$

das dem fraglichen Holzgewichte entsprechende Holzvolumen $V = 0.66 \text{ m}^3$, welches auf Fichtenholz berechnet, einem Stamme von 10 m Länge, 0.3 m mittlerem Durchmesser, oder einem Sägeklotz von 5 m Länge und 0.4 m Durchmesser entsprechen würde. Solches Treibholz wird von den Hochthälern des Gebirges den Hauptgerinnen in Menge zugeführt.

3. Die Bedingnisshefte für Flussregulirungen schreiben für die, Ueberfluthungen ausgesetzten Wasserbauobjecte eine Minimalgrösse der Steine vor und ordnen an, dass diese Steingrösse quantitativ nur bis zu gewissen Percent-sätzen Verwendung finden solle.

Bei der Gailregulirung ist die Minimalsteingrösse mit 0.03 m³ vorgeschrieben; dies entspricht im Hinblick auf die dort vorkommenden Gesteinsgattungen dem Gewichte $0.03 \times 2.6 \times 1000 = 78 \text{ kg}$. Frage: Welchem Gewichte des mit einer gewissen Geschwindigkeit stossenden Holzblockes vermag dieses Steingewicht zu widerstehen? Mit Benützung der früheren Zahlenannahmen wird das Holzblockgewicht $Q = 90 \text{ kg}$. Auf Fichtenholz reducirt, entspricht dasselbe einem Holzprügel von 24 cm Durchmesser und beläufig 2 m Länge.

Ergebniss. Die mit einer Geschwindigkeit von 4 m gegen Steindammkopf normal anfahrenden Holzklötze mit dem Volumen von 3, 0.66, 0.112 m³ erfordern für das Gleichgewicht ein widerstehendes Decksteinvolumen von 1.2, 0.2, 0.03 m³, welches für den Uebergang des Körpers aus der Ruhe in die Bewegung eben noch genügen würde. Um sicher zu gehen, ist es nöthig, das dem gegebenen Stosse äquivalente Steinvolumen viel grösser zu nehmen. Für die zweifache Sicherheit wäre dasselbe 2.4, 0.4, 0.06 m³.

In geraden Leitcanälen, wo die Holzbewegung und die Richtung des Dammes zusammenfallen, können die Decksteine von einem, gegen das Ufer getriebenen Holzblock nur unter spitzen Winkeln, die Verlandungstraversen hingegen normal getroffen werden. Die Beanspruchung der Steine der Leitcanaldämme durch die, in die Richtung des Normalwiderstandes fallende Stosscomponente wird gegenüber dem Normalstosse um so geringer, je kleiner der Neigungswinkel sein wird, unter welchen der Stein getroffen wird, dabei wird aber auch das dem Stosse Gleichgewicht haltende Steingewicht dem entsprechend sich vermindern

müssen. Selbstverständlich wird an hervorspringenden Ecken der Leitwerke der Holzstoss besonders zur Geltung kommen; es ist daher geboten, solche Stellen besonders gut zu versichern.

Die Verlandungstraversen und sonstigen Secundäreinbauten werden vom Treibholz erst nach vollständiger Ueberfluthung der Leitcanaldämme erreicht. Weil das Holz in der, die Werkskronen überströmenden Wasserschicht schwimmt, so wird der Kopf der Verlandungstraversen nun von schwerem durchwässertem Holze wuchtig getroffen werden.

Wird nun zu dem bereits Erörterten noch hinzugefügt, dass 3 m³ grosses Treibholz wohl zu den Seltenheiten gehört, dass weiters der grössere Theil des gewöhnlichen mittleren Treibholzes gelegentlich grösserer Hochwässer dem durchschnittlichen Inhalte von beiläufig 0.6 m³ entsprechen dürfte (selbstverständlich treiben etwas grössere aber auch etwas kleinere Klötze thalab), dass zudem bei beginnender Ueberfluthung der Werke ein normales Anfahren des Holzes gegen den Kopf der Leitdämme selten stattfindet, so scheint es, nach Erwägung der gegebenen Auseinandersetzungen, um die Werke widerstandsfähiger zu machen, rathsam zu sein, die Grösse der Decksteine (das wäre nach den früheren Betrachtungen zweifache Sicherheit und für Wassergeschwindigkeiten von 4–5 m) nicht unter 0.4 m³ anzunehmen.

Die Regulierungsstrecke Wetzmann-Höfling, in welcher in den wenigen Tagen des Hochganges der Septemberhochwasserwelle, wie bereits bemerkt, 10.000 m³ Holz passirten, hat den verschiedensten Angriffen einen bewunderungswürdigen Widerstand entgegengesetzt. Die Durchschnittsteingrösse betrug 0.2 m³, zu besonders wichtigen Werkstheilen wurden jedoch Steinstücke von 0.5, 1, ja sogar 1.5 m³ Inhalt verwendet.

ad b) Dammfuss. Der Steinvorwurf. Oekonomische, sehr oft auch technische Gründe lassen es räthlich erscheinen, manche Regulierungswerke, wie: Leitdämme, Verlandungstraversen u. s. w., nicht tief zu fundiren. Um Unterwaschungen, dem Senken der Werke und den daraus hervorgehenden Zerstörungen entgegenzutreten, wird der Fuss der Regulierungsobjecte auf eine zweckmässige und billige Weise zu versichern gesucht. Dazu eignen sich wegen ihrer Beweglichkeit und der Eigenschaft des schützenden Anschmiegens an den Untergrund die Steinvorwürfe am Besten.

Soll der Steinvorwurf der ihm zugewiesenen Aufgabe genügen, so muss das Gewicht der einzelnen Steine desselben dem Stosse des darüber hinströmenden Wassers zu widerstehen im Stande sein.

Wenn F die Fläche des normal zur Stromrichtung projectirten Steinkörpers, γ das absolute Gewicht des Steines, γ_1 das Gewicht des von diesem Steine verdrängten Wassers, v_0 die Wassergeschwindigkeit an der Flusssohle, f der Reibungscoefficient von Stein auf Stein, nach früheren 0.5, so ist der Wasserstoss P auf einem im unbegrenzten Wasser ganz eingetauchten Körper:

$$P = \zeta \frac{v_0^2}{2g} F \gamma_1$$

und das diesem Wasserstosse Gleichgewicht haltende Volumen des Steinkörpers:

$$V = \frac{P}{f(\gamma - \gamma_1)}$$

ζ ist ein von der Gestalt des gestossenen Körpers abhängiger Widerstandscoefficient; derselbe wurde von Borda, Hutton, Poncelet u. A. m. für einige geometrische Körper bestimmt; allein für die gestaltenreichen Formen der Bruchsteine fehlen die Anhaltspunkte für diesen Coefficienten ganz.

In den meisten Fällen handelt es sich darum, die Betrachtungen des speculativen Feldes der Bauwissenschaften auf Grenzen auszudehnen, innerhalb welcher eine grosse und zweckentsprechende Sicherheit der Bauconstructionen gewährleistet wird. Um der Wirklichkeit nahe zu kommen, wird es auch im vorliegenden Falle erlaubt sein, aus dem bekannten Verhalten zweier, dem Wasserstosse ausgesetzter Körper, gewissermaassen die Grenzformen der Reihe — nämlich Würfel und Kugel — auf das Verhalten der dazwischen liegenden unregelmässigen Körperformen: der Bruchsteine, zu schliessen.

1. Es ist das einem bestimmten Wasserstosse Gleichgewicht haltende Volumen eines Steinwürfels zu suchen. Für die Wassergeschwindigkeit an der Sohle $v_0 = 0.6 \times 5 = 3 \text{ m}$, *) dann $\zeta = 1.17$. **) $F = 0.25 \text{ m}^2$, $\gamma_1 = 1027 \text{ kg}$, $g = 9.81$, wird nach der ersten Gleichung der Wasserstoss $P = 120 \text{ kg}$.

Das specifische Gewicht des Steines mit 2.6 (daher das absolute Gewicht eines Kubikmeter dieses Materiales mit 2600 kg), $f = 0.5$ ergibt aus der zweiten Gleichung das, dem früheren Wasserstosse von $P = 120 \text{ kg}$, Gleichgewicht haltende Steinvolumen $V = 0.15 \text{ m}^3$.

Die Wahrscheinlichkeit dieses Resultates lässt sich auch auf anderem Wege prüfen. Für Meter und Sekunden, ist in Bezug auf einen ebenflächigen Würfel von der Seite b , die der Gleichgewichtslage entsprechende Geschwindigkeit des Wasserstosses. ***)

$$v_0 = 3.23 \sqrt{2b} \text{ oder } b = \frac{1}{2} \left[\frac{v_0}{3.23} \right]^2$$

Ist $v_0 = 3 \text{ m}$, so wird die Würfelseite $b = 0.5 \text{ m}$ und das Steinvolumen $V = b^3 = 0.125 \text{ m}^3$; ein mit der früheren Rechnung ganz gut übereinstimmendes Resultat.

2. Für die Kugel ist nach Eytelwein $\zeta = 0.788$ (Poncelet gibt diesen Coefficienten mit 0.53 an). Ist $v_0 = 3 \text{ m}$, der Wasserstoss $P = 90 \text{ kg}$, so wird das diesem Stosse gleichgewichtshaltende Steinvolumen $V = 0.11 \text{ m}^3$.

Das dem Wasserstosse Gleichgewicht haltende Bruchsteinvolumen müsste nach dieser Untersuchung zwischen

*) Nach Dubuat ist die Geschwindigkeit v_0 an der Sohle gleich 0.6 Mal und die mittlere Wassergeschwindigkeit 0.8 Mal der Geschwindigkeit an der Wasseroberfläche.

**) Ist L die Länge, F der Querschnitt des rechtwinkligen Prismas normal zu L , so ist, da oben der Rechnung ein Würfel von 0.5 m Seite zu Grunde liegt, $\frac{L}{\sqrt{F}} = \frac{0.5}{\sqrt{0.25}} = 1$ und nach Dubuat der Widerstandscoefficient $\zeta = 1.172$. — Dr. Bühlmann, Hydro-mechanik.

*** Prof. Sternberg „Untersuchungen über Längen- und Querprofil geschiebeführender Flüsse“. Zeitschrift für Bauwesen. Jahrgang XXV.

0.15 m³ (Würfel) und 0.11 m³ (Kugel) liegen, demnach annähernd dem Mittel aus beiden, nämlich 0.132 m³ entsprechen. Der Sicherheit halber ist es nöthig, das Steinvolumen stets grösser, als es die Gleichgewichtsgrenze verlangt, anzunehmen. Für die zweifache Sicherheit müsste dieses Bruchsteinvolumen 0.26 m³ betragen. Das bei der Gailregulirung in der Strecke Watzmann-Höfling verwendete Durchschnitts-Materiale hatte 0.2 m³, eine Steingrösse, welche der, während des letzten Hochwassers aufgetretenen Wassergeschwindigkeit Stand gehalten hat.

Weil es aber manchmal vorkommt, dass die Steine des Vorwurfes vom Wasser trotzdem erfasst und weggeschwemmt werden, so könnte die Meinung Platz greifen, dass die gerechneten Steingrössen dem an der Oberfläche mit 5 m Geschwindigkeit strömenden Wasser nicht den genügenden Widerstand entgegenzustellen vermögen. Die Ortsveränderung der Steine am Bachbettgrunde ist nicht immer dem directen Wasserstosse, sondern andern Gründen und zwar in den meisten Fällen der während der Hochwasserdauer an der Flusssohle in Bewegung befindlichen Geschiebeschichte zuzuschreiben. Wird die Ruhe des Steinvorwurfes durch Unterwaschungen gestört, und kollern die obersten Steine zu weit hinaus, so kommen dieselben auf die bewegte Geschiebeschichte zu liegen. In dem Falle wird es dem strömenden Wasser sehr leicht, die Steine auf der ohnehin schon in Bewegung befindlichen Schichte thalab zu schieben.

Im Schenattawildbach des dem Gailthale benachbarten Fellathales beobachtete der Verfasser eine Fichte von 0.75 m Durchmesser, welche, nachdem das Wasser zuvor die Wurzelscholle unterwaschen hatte, im Wildbachbett auf der Wurzelbasis stehend weit thalab geschoben wurde. Der Berger- dann der Graawildbach im Drauthale brachten Steine bis zu 12 m³ Inhalt in das Hauptthal. Der Thaltransport so grosser Steine ist in dem Falle nur durch Vermittlung der in Bewegung befindlichen Geschiebeschichte des Wildbaches möglich; das angeschwollene Wildwasser bedarf nur eines verhältnissmässig geringen Kraftaufwandes, um die Reibung des Steines auf dem beweglichen Boden zu überwinden.

VI. Die Verkrümmungen der Flussläufe im Gebirge.

In in Verkarstung begriffenen Gebieten ist die naturgemässe Entwicklung der Wasserläufe bekanntlich sehr grossen Störungen unterworfen. Die Gründe liegen in den atmosphärischen Verwüstungen der Hoch- und Seitenthäler und in jenen des Hochgebirges. Die Wildbäche vermögen in solchen Gebieten in der kürzesten Zeit eine so phänomenale Kraft zu entwickeln, dass sie mit der, die Hauptflussrichtung durchquerenden Wassermasse das an der Einmündungsstelle dem Hauptflusse abgewonnene Terrain durch Vorschieben neuer Schuttdeponien nachhaltig behaupten. Wo es die Terrainverhältnisse erlauben, wird der Fluss allmählig nach der gegenüberliegenden Thalseite verdrängt. Die den Wildbachzonen zukommenden Einwirkungen, abwechselnd bald auf das rechte, bald auf das linke Ufer und auf verschiedene Orte des Hauptflusslaufes übertragen, zwingen den letztern sich zwischen den

Zuflüssen schlangenförmig durchzuwinden. Zwischen diesen auffallend grossen Verkrümmungen liegen die secundären mit zuflussfreien Ufern versehenen Serpentinien der Flussspuren, welche zumeist in localen, innerhalb des Flussbettes, in der Terrainbeschaffenheit und anderen Vorkommnissen gelegenen Ursachen ihre Begründung haben. Während die secundären, mit Gefälls- und Arbeitskraftverlust verbundenen Serpentinirungen gewöhnlich durch Flusspurverkürzungen d. i. mittelst Durchstichen behoben werden können, sind die durch das Vorschieben der Schuttkegelmasse erzeugten Flussablenkungen nur durch die Befestigung des dem Wildbache gegenüberliegenden Ufers zu beheben.

An derlei Stellen müssen die Uferdeckwerke eine solche Widerstandsfähigkeit erhalten, dass der Wildbachstrom nicht im Stande ist, den Hauptfluss von seiner innerhabenden Richtung noch mehr abzudrängen. Die in so entstandene Stromengen gestaute und hoch gespannte Wassermasse des Hauptflusses wird genöthigt sein, sich selbst Bahn zu brechen und das einerseits durch Uferdeckwerke geschützte Flussprofil an der Schuttkegelseite zu unterwaschen und zu erweitern.*) Durch den Widerstand des der Wildbachmündung gegenüberliegenden Ufers wird der Hauptfluss im Wege der Stauung demnach gezwungen, seine implicite Kraft zu entwickeln; die Aufgabe geht dann darauf hinaus, das Gesetz der Zusammensetzung von Kräften durch geeignete Mittel und zum Vortheile der Ausbildung der Hauptflusstrace in's Praktische zu übertragen.

VII. Einige Bemerkungen über die Flussspuren.

Die Behauptungen von Gelehrten, dass die zwischen der Quelle und der Mündung liegende Flussgleichgewichtstrace einer gewissen Länge entspreche, wonach die Verkürzung einer Strecke die Verlängerung einer anderen nach sich zieht, mögen eine gewisse Berechtigung haben. Die Flussspur zuflussfreier Strecken ist als Function der abfliessenden Wassermasse, des Gefälles, der Bodenbeschaffenheit und sonstiger Hindernisse aufzufassen. Feste Ufer gewähren dem Flusse wenig Raum sich zu entwickeln, während leichtere Bodengattungen denselben solange serpentiniren lassen, bis zwischen Bodenmateriale und strömendem Wasser sich ein gewisser Beharrungszustand hergestellt hat. Wird nun, was gerade in dem letzten Falle nöthig, die im Wege der Gefällserhöhung gesteigerte Arbeitskraft des Wassers durch eine Spurverkürzung (Durchstich) erreicht, so müssen die Ufer leichterer Bodengattungen, wenn sie der bestehenden Wasserströmung nicht zu widerstehen vermögen, durch Deckwerke gesichert werden. Das erwähnte Gesetz wird durch diese Maassregel deshalb nicht alterirt, weil in der complicirten Gleichung des Beharrungszustandes zwischen strömendem Wasser und dem

*) Eine entsprechende Vorsicht und Erwägung aller Folgeumstände dürfte sich hier in vielen Fällen wohl empfehlen. Nicht nur, dass in ein gewisses Stadium der Ausbildung ihres Gleichgewichtsprofils gelangte Wildbäche durch eine solche Unterwaschung ihres Schuttkegels wieder zu gesteigerter Erosionsthätigkeit wachgerufen werden können, auch für das Hauptthal und zwar sowohl in der ober- als unterhalb gelegenen Strecke kann dieselbe von weittragenden Einwirkungen begleitet sein.

Flussmateriale der erhöhten Wasserthätigkeit durch ein widerstandsfähigeres Ufermateriale entgegengetreten wird.

Die moderne Richtung der möglichst Geradleitung und Fixirung des Flusslaufes durch Leitdämme widerspricht daher keinem Naturgesetze. Wenn zudem die Höhenlage der Werke eine derartige ist, dass dem Ueberfluthungswasser zur Ausbildung und Erhöhung des an den Fluss grenzenden Thalgeländes genügend Spielraum gelassen wird, so ist damit auch der Thalbildung einigermaassen Rechnung getragen.

Man kann allerdings bei entsprechender Bodenbeschaffenheit die Erscheinung beobachten, dass die Flüsse am Auslaufe von Leitwerken eine grosse Neigung zeigen zu verwildern. Diese Thatsache hat die Begründung in den dem plötzlichen Uebergange des geschlossenen Flussprofils in das offene, wo der Ausbreitung des Wassers hinlänglich Spielraum geboten wird. Die Leitwerke sollen daher in Flussstrecken auslaufen, welche von der Natur so befestigt sind, dass sie das Zusammenhalten des Wassers gewährleisten können.

Wenn gewaltige Naturereignisse den Fluss gezwungen haben, sein Gerinne neuen Verhältnissen anzupassen, so soll der vorhandene Zustand vorsichtig behandelt und nicht gewaltsam gestört werden. Der Dobratschsturz trennt die Gail durch die Schütt in zwei charakteristische Strecken. Der von der Schütt thalauf gegen Vorderberg durch Materialstauung entstandene Boden ist deshalb noch versumpft, weil der vom Dobratschsturze gebildete Querriegel die Entwässerung des Gailthales hemmt. Würde dieses Becken durch Vertiefung und Erweiterung des Profils der, zwischen den Felstrümmern der Sturzpartie situirten Flussstrecke zu rasch entwässert werden, so müssten die abfliessenden Hochwassermassen in dem flachen Mündungs-Gelände des davon nicht weit entfernten Villacherbeckens die grössten Verheerungen anrichten.

In dem verhältnissmässig schmalen Grunde enger Gebirgsthäler wird das Feld der Flusskürzungen nur auf die secundären Verkrümmungen beschränkt bleiben. Diese Maassregel wirkt in den meisten Fällen sehr vortheilhaft auf die Entwässerung des hinter den Schuttkegelriegen liegenden, oft stark versumpften Bodens; deshalb werden die „Grundwasser-Verhältnisse in den oberen und die Hochwasser-Verhältnisse in den unteren Gebieten darum nicht zu sehr alterirt.“*)

Schlussbemerkungen.

Ia. Allgemeines über die Mittel zur Bekämpfung der Wildwässer.

Die Mittel, die schädlichen Wirkungen der Wildwässer zu bekämpfen, sind, wie schon bemerkt, der Hauptsache nach in zwei, durch die Linie der Nullarbeit getrennten Zonen verschieden.

In der Zone des absoluten Auftrages bildet das Schuttpartikel der in Schutthalden aufgespeicherten losen

Massen*) die organische Einheit der verderbenbringenden Materialien, welche, vom Wasser fortgeschwemmt und im Mündungsfelde des Wildbaches im Hauptthale, in der Zone des absoluten Auftrages deponirt, den Namen Schuttkegel führen. Den Rest der zum Geschiebe abgeschliffenen Schuttpartikel bildet, zu grösseren Massen vereint, im Gerinne des Hauptflusses die für den Culturboden so gefährlichen und die Flusslauf-Verwilderung so unterstützenden Schotterbänke.

Um dem schädlichen Einfluss der losen Massen entgegenzutreten, gilt das Princip: Zurückhaltung des Schotters in den Hochthälern, Ausnützung des geschiebefreien, entlasteten Wassers zur naturgemässen Ausbildung des Hauptflussgerinnes, zur Bewässerung oder zu industriellen Zwecken. Die zur Erreichung dieses Zweckes üblichen, naturgemässen Mittel lassen sich in zwei Hauptgruppen theilen. Die eine derselben bezweckt:

a) Die Schwächung des Schuttbewegungs-Vehikels, der Wasserkraft, im Wege der Abflussverzögerung, d. i. Zurückhaltung des Wassers in den Hochthälern, Aufstauung des mobilen Schuttes innerhalb der Bachzone, Schutz des Bodens gegen die Angriffe der Atmosphärien; die andere hingegen bezweckt:

b) Die Concentration des Wasserstromes der Hauptthäler, zweckmässige Entlastung des Hauptgerinnes durch Canäle oder Bassins; Ausnützung des geschiebefreien Wassers zur Ausbildung des Flussbettes, zur Colmation, und wegen des Schlammreichthums für die Bodendüngung; Sicherung des cultivirten Bodens gegen schädliche Wasserangriffe.

ad a) Die Vorkehrungen, welche dahin abzielen, die Wasserkraft gleich in der Wildbachzone abzuschwächen, und den mobilen Schutt dort festzuhalten, zerfallen:

1. in solche, welche die Natur selbstthätig und
2. in jene, welche die menschliche Geistesthätigkeit den atmosphärischen Verwüstungen entgegen zu stellen vermag:

ad 1. die Natur tritt den atmosphärischen Zerstörungen der obersten Erdkruste durch die Vegetationsdecke in der Art entgegen:

a) dass sich der Adhäsions- und Verdunstungsapparat der Pflanzenwelt für den Zweck der Zurückhaltung des Wassers in den Luftraum hinaus vergrössert;

β) dass die Versickerungs-Capacität der obersten Schichten der Erdkruste, besonders aber jene der Vegetationsdecke entsprechend erhöht wird.

ad 2. Die Kampfmittel, welche aus der menschlichen Schaffungskraft hervorgehen sind:

- γ) die Sickergräben an den Gehängen,
- δ) die Compensations-Reservoirs in den Seitenthälern;
- ε) geschiebehaltende Thalsperren. Die Anlage solcher Objecte in Stufen vermindert das Bachgefälle der Zwischenstrecken und die im Wasser aufgespeicherte Kraft wird an den Stufen des Gerinnes zum Theile im Stosse zerstört.

*) „Das Wasser mit Bezug auf die wirthschaftlichen Aufgaben der Gegenwart“ von Frauenholz.

*) Ich verweise diesbezüglich auf die Abhandlung des Prof. Dr. E. Reyer: „Bewegungen loser Massen“, woraus ich diese Bezeichnung entlehnte. Siehe Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt, XXXI. Band, 1881, Seite 43.

λ) die Consolidations- oder Grundthalsperren, dann die Bepflanzungen und Verflechtungen des Bachgerinnes.

ad b) Die verheerende Kraft verwilderter Flussläufe kann durch Hilfe dreier Regulierungssysteme gezügelt werden, und zwar:

1. durch das Bühnenwerks-Bausystem,
2. durch das Parallelwerks-Bausystem,
3. durch das aus den beiden gemischte Fluss-Bausystem.

Mit diesen Systemen können, was in den Gebirgstälern bei beschränktem Culturboden in der Thalsohle ohnehin selten der Fall ist, Entlastungscanäle und Entlastungsreservoirs in Verbindung gebracht werden.

ad a), 1. α). Kahle Bodenflächen setzen dem Abfluss des Regens bekanntlich den geringsten Widerstand entgegen. Eine einfache Rasendecke schon ist geeignet, nicht nur die rasche Vereinigung des Wassers zu verzögern, sondern sie vermag durch die in den Luftraum hinausragenden Pflanzenorgane die zu benetzende Niederschlagsfläche, gegenüber jener des kahlen Bodens um Bedeutendes zu vergrössern. Erst dann, wenn die Oberfläche des über den natürlichen Boden sich erhebenden Adhäsions- oder Verdunstungs-Apparates der Pflanzendecke ganz durchnässt ist, wird der Rest des Niederschlages versickern oder den Bachgerinnen zufließen können. Selbstverständlich wird das Zurückhalten des Wassers durch den Blätterreichtum der Straucharten gesteigert, in dem höchsten Maasse aber kommt diese Eigenschaft „dem Walde“ zu. Die unzähligen Blätter der Baumkronen erweitern die Adhäsions- und Verdunstungs-Oberfläche gegenüber jener, welche der Projection des Baumes zukommt, im Luftraume in's Unendliche. Die Organe, welche das Anhaften und Verdunsten des Wassers begünstigen, liegen im Walde sozusagen in drei Schichten übereinander. Zu unterst ist es der mit zahllosen Pflanzenarten wie Moosen, Flechten u. s. w. bedeckte Waldboden, über diesen erheben sich die Blätter der Strauchgattungen, und zu oberst setzen die zahllosen Blätterkronen und das Gehäuse der Waldbäume den Angriffen der Atmosphäre die mächtigste Schutzwehr entgegen.

Diese Auffassung der Thätigkeit des Waldes lässt die Thatsache leicht begreifen, dass das einfache Pflanzenblatt des grossen Adhäsions- und Verdunstungs-Apparates, des Waldes, in der Abwehr der atmosphärischen Angriffe beiläufig dieselbe Rolle spielt, wie der Schuttpartikel als organische Einheit in den, vom Wasser belebten, verderbenbringenden Muhrgängen und Schotterbänken.

ad a), 1. β). Erst nach vollständiger Durchnässung der im Luftraume sich ausbreitenden Pflanzenorgane wird das überflüssige Regenwasser den Waldboden erreichen. Die reiche Pflanzenflora setzt dem Abflusse des Wassers neue Widerstände entgegen und zwingt dasselbe zu versickern. Erst wenn der Boden der Gehänge vollständig durchtränkt ist, werden die Wasserrisse und die Wildbäche bedeutender anschwellen können. Je grösser die Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens ist, desto länger wird das rasche, verderbenbringende Steigen der Wasserläufe hintangehalten werden. Gerölle, Schutt, Sandschichten u. s. w. geben das Sickerwasser verhältnissmässig leichter ab, als die

Humusschichten, welche im Stande sind, die grössten Wassermengen aufzunehmen, und sie durch längere Zeit zurückzubehalten. So lässt die Pflanzendecke ihren wohlthätigen Einfluss nach zwei Richtungen erkennen; sie schützt, durch die Pflanze, im Wege der vergrösserten Adhäsions- und Verdunstungsfläche den festen Boden gegen die directen atmosphärischen Angriffe und verzögert andererseits durch die Eigenschaften der grossen Wasser-Aufnahmefähigkeit der Humusschichten die zu rasche Wasserabfuhr ganz wesentlich.

Und trotz der allbekannten und vielbesprochenen Wichtigkeit werden die Wälder oft in der sinnlosesten Weise devastirt. Es kann nicht genug oft erinnert werden, dass 1 dm^3 Humus (spec. Gewicht 1.7) nach Schübler im Stande sei, 0.8 bis 0.9 kg Wasser aufzunehmen, dass nach Hlubeck der Laub- und Nadelfall bei 60jährigem Buchenwaldbestande eine jährliche Humusansammlung von 50 kg pro Ar liefert, dass nach den, von Ebermayer in Baiern gemachten Beobachtungen im Walde nur 76% der Regenmenge den Boden erreicht, dass etwa 50% derselben versickert, 17% verdunstet und vom Walde aus factisch nur 9—10% des gefallenen Regens an die Wasserläufe abgegeben werden.

Auch jene Dienste, welche der Wald dem Menschen im Winter leistet, sind nicht minder hoch anzuschlagen. Der rauhe Waldboden steiler Gehänge hält die Schneedecke fest und verhindert den Anbruch verderblicher Lawinen. Wenn der Mensch trotz dieser Thatsache, sich aller dieser Schutzmittel selbst beraubt, dann darf es Niemanden Wunder nehmen, wenn die Berge lebendig und die Heimstätten im Schutte begraben werden.

ad a), 2. γ). Ueber der Holzgrenze, wo die Bergkuppen und Gehänge nur von Krummholz oder von ausgedehnten Alpenweiden bedeckt sind, kann der Regen auf der, durch die vom Wasserdrucke niedergelegten Halme glatt gemachten Grasdecke, oder wenn der Boden gefroren ist, sehr rasch abfliessen und die dort entspringenden Wildbäche ebenso rasch anschwellen machen. Das plötzliche Steigen und Fallen der Gebirgswässer ist daher in den meisten Fällen auf den, in der unbewaldeten Hochgebirgszone fallenden Niederschlag zurückzuführen. Es wird vielleicht keinem Beobachter entgangen sein, dass die Bäche und Flüsse sofort fallen, wenn es im Hochgebirge anschneit und dass sie sofort steigen, wenn das Schneeschmelzwasser warmer Winde auf dem gefrorenen Boden abfließt. Jene Gewitter, welche sich in der Holzregion entladen, werden, da der Wald eine Menge Wasser zurückhält, den Thälern selten gefährlich; wenn hingegen die Hochgewitter auf die unbewaldeten Flächen der Hochgebirgszone niedergehen, da erwachen die Wildbäche plötzlich und werfen ganz ansehnliche Quantitäten Schuttes in das Thal.

Die Bergweiden zu bewalden, ist einerseits wegen der, in dieser Höhenlage herrschenden Wasserarmuth, andererseits wegen der Weiderechte der Bewohner — namentlich aber in den Alpen, wo die Viehzucht die einzige und ergiebigste Einnahmsquelle bildet, — nicht leicht denkbar. Um daher der raschen Wasserabfuhr entgegenzutreten, hilft man sich mit der Anlage von Horizontalgräben, welche die in der Richtung des grössten Falles rieselnden Wasser-

fäden unterbrechen, und das abgefangene Wasser im Wege der Versickerung, entweder der Bodenbewässerung oder der Speisung von Quellen dienstbar machen. *)

Es ist klar, dass derlei Gräben nur in stabilen Bodengattungen, im Rutschterrain gar nicht oder nur im Gefälle, so angeordnet werden müssen, dass sie in Sammelmulden oder in trockenem zur Rutschung nicht geeigneten Boden auslaufen. Das thalseits aufgeworfene Grabenmateriale würde durch Gesträuche, wie z. B. Legföhren, Alpenrosen u. s. w. zu bepflanzen oder durch das Steinabraummateriale der Weideplätze zu verstärken sein.

Die horizontalen, demnach senkrecht zur Gehängfallrichtung angelegten Terrainaufschürfungen werden nicht nur die Wasserversickerung fördern, sondern sie werden auch den Humus, den besten Dünger der Alpenwirthschaft, aufhalten und auch dem Anbrechen der Lawinen entgegen treten.

ad a) 2. δ. Das Wasser kann im Gebirge, bekanntlich auch durch Reservoiranlagen zurückgehalten werden, welche durch Abdämmung von Gerinnen, durch Ausnützung von Terrainmulden oder im Aushube hergestellt werden können. Ob das Wasser in wenigen, aber grossen, oder in vielen jedoch kleinen Sammelbecken aufgespeichert werden wird; ob das Concentrations- oder das diesem gegenüber stehende Zerstreungssystem angewendet werden soll, entscheidet die configurative Beschaffenheit des Niederschlagsgebietes und die culturellen Verhältnisse bewohnter Gebirgsthäler. Die bedenkenregenden Nachteile der Durchbruchgefahren, welche gegen die grossen Wasserspeicher in's Treffen geführt werden, sind bei guter Ausführung der Objecte gegen die grossen Vortheile der Verminderung verderblicher Uberschwemmungsgefahren wohl verschwindend. Die Bevölkerung Chinas und Indiens verdankt den dort abgöttisch verehrten 4000 Jahre alten Wasserbauten den ganzen Wohlstand, sie bilden die Grundpfeiler ihrer Cultur; und diese Länder haben, weil der soliden Ausführung der Objecte eine gewissenhafte Erhaltung derselben zur Seite steht, unter verheerenden Durchbrüchen wenig gelitten.

Handelt es sich um die Schaffung grosser industrieller Kraftquellen oder um eine systematisch durchgeführte Thalbodenbewässerung, dann dürfte es sich empfehlen, an den wenigen, hiezu geeigneten Stellen viel Wasser zu concentriren. In den mit Quellen ohnehin reich gesegneten Hochthälern der Alpenländer, wo es sich lediglich darum handelt, den Verheerungen der Wildwässer entgegenzutreten, dürfte das mit den Horizontalgräben combinirte Zerstreungssystem deshalb bessere Früchte tragen, weil die kleinen über der Holzgrenze zu liegen kommenden Wassersammler gerade der wasserärmsten Vegetationszone zu Gute kommen würden.

ad a) 2. ε. Neben der Thatsache, dass die Thalsperren das Geschiebe stauen, bringt ihre stufenförmige

*) Der Landes-Ober-Ingenieur A. Geppert in Tirol bemerkt hinsichtlich der Kosten solcher Horizontalgräben: Man kann annehmen, dass ein Mann per Tag im Durchschnitt 20 m Graben von 1 m Weite, oder 40 m Graben von $\frac{1}{2}$ m Weite herstellen kann. Werden erstere auf 20 m und letztere auf 10 m Entfernung angelegt, so sind in beiden Fällen per Hektar (10.000 m²) 25, oder per Joch (1600 Quadrat-Klafter) 14 Tagelöhner erforderlich.

Anlage schon deshalb grosse Vortheile, weil das zwischen je zwei Stufen liegende Bachgefälle vermindert und die im Wasser aufgespeicherte lebendige Kraft bei der Fallbewegung am Fusse jeder Stufe im Stosse verbraucht wird. Diese Maassregel stellt im Bachgerinne mit der Zeit ein dem Gleichgewichtsprofile nahe kommendes Bachlängenprofil her. Der Rest des abfliessenden Wassers, welcher in den Sickergräben, in den Reservoirs oder durch die Pflanzendecke nicht zurückgehalten wurde, hat in Folge dessen die Eigenschaft, grosse Geschiebwellen auf einmal in das Hauptthal abzuschwemmen, zum Theile eingebüsst.

ad a) 2. λ. Wenn von den, durch Verflechtungen und Bepflanzungen einigermaassen stabilisirten Gehängen des Wildbach-Aufnahmegebietes nur wenig Schutt abgeht, dann kann es trotz aller Vorsicht geschehen, dass der Wildbach dem eigenen Bette im Wege der Erosion eine Menge Geschiebe entnimmt und es thalab schwemmt. Einem derartigen Treiben des Wassers kann, wenn es nöthig ist, in Verbindung mit Verflechtungen und Bepflanzungen nur durch Consolidationsthalssperren (Grundsperren, Grundsperren) entgegengetreten werden.

ad b) Bei Gebirgflussregulirungen, wo gutes Steinmateriale in den meisten Fällen billig zu beschaffen ist, werden, namentlich aber wenn sie mit Wildbächen gesegneten Thalabschnitten angehören, das Buhnenwerks- und gemischte Bausystem in den meisten Fällen wenig nützen. Wie die Gailregulirung während der bedeutenden Hochwässer des Jahres 1882 neuerdings bestätigte, wird ein Erfolg nur vom Parallelwerksbausystem, besonders aber dann zu erwarten sein, wenn auch die Hochgebirgsregionen in den Kreis der Projectsstudien einbezogen werden. *)

b) Ursachen der in einigen Alpensthälern beginnenden Verkarstung.

Die bekannte Thatsache, dass die Wälder des östlichen Theiles der Alpen seinerzeit bis zur Nordküste der Adria reichten, dann weiters, dass die Bewohner der holzarmen Gestade des Mittelmeeres den Bedarf an Bauholz aus den bestandenen Wäldern des jetzt verkarsteten Küstenlandes und Istriens gedeckt haben, gibt mit Rücksicht auf die in den Alpenländern bestehende Waldwirthschaft wohl gegründeten Anlass zu glauben, dass, wenn dagegen nichts gethan werden sollte, die Alpensthäler ziemlich rasch ebenfalls der gänzlichen Verkarstung entgegengehen dürften.

*) Professor Frauenholz sagt: „Die Zeit, in welcher heftige Kämpfe darüber auszufechten waren, ob das Quer- (Buhnen) Bausystem oder das Parallelbausystem zu adoptiren sei, liegt noch nicht weit hinter uns. Nicht minder führten die Fragen, ob die Flussbauten aus Faschinen- oder aus Bruchsteinen, ob dieselben von oben nach unten oder umgekehrt, ob sie in grösserer oder geringerer Mittelhöhe als das Mittelwasser herzustellen seien, zu lebhaften Erörterungen.“

Heute betrachtet man die Sache wohl etwas ruhiger, und wird wohl auf keinen Widerspruch stossen, wenn man sagt, dass an Flüssen mit starker Strömung und beweglicher Sohle nur Parallelbauten hergestellt werden dürfen, andererseits aber Buhnen angeordnet werden können, dass bezüglich der Materialien der Kostenpunkt entscheidet, und bei Verwendung von Faschinen jedenfalls eine Consolidirung mit Bruchsteinen zweckmässig ja nothwendig sei, dass bei einzelnen Bauführungen die örtlichen Verhältnisse, und bezüglich der Bauhöhen der Zweck vorzugsweise maassgebend seien.

Wenn die Sahara, dann das Mittelmeerbecken auf die rauen Alpenklimate auch mildernd einwirken, so ist zu bedenken, dass der verheerende Einfluss der von den Südströmungen nach den Alpen alljährlich gesendeten Wassermassen durch eine gut conservirte Pflanzendecke am ehesten abgeschwächt werden kann.

Als die der Adria zunächst gelegen gewesenen Wälder seinerzeit kahl gehauen waren, wurde der Holzreichthum der den Karstländern zunächst liegenden Alpengebiete von den Händlern aufgesucht; der billige Wasserweg, der grosse, nach den Gestaden des Mittelmeeres und nach dem Orient gerichtete Absatz, steigerte den Bedarf des Holzes von Tag zu Tag. Unter solchen Verhältnissen liess der im Kleinbesitz zersplitterte Waldboden keine geregelte Waldwirthschaft aufkommen; ausserdem aber waren die ausgedehnten Wald-complexe reicherer Besitzer mit einer Menge von schädlichen Servituten belastet. Der Holzhändler, wie der Bauer richteten ihr Augenmerk mit Vorliebe auf den Waldboden der Gehänge der Bachzonen, weil die Lage derselben den Abtrieb und die Lieferung des Holzes wesentlich erleichtert hatte. Durch das rücksichtslose Beweiden der kahlgeholzten Flächen konnte die Vegetation unmöglich aufkommen. Der Regen, welcher mit der Zeit den Humus abschwemmte, und die Lawinen, welche den von der Weide übrig gebliebenen Pflanzennachwuchs vernichteten, thaten das Uebrige.

Zu den bestandenen Uebelständen, wie: das behufs Streugewinnung übliche Schnatten (Entästen) der Nadelholzwaldungen, das Entharzen, die verstandeslose Ausübung der Weidrechte u. s. w., der Raubhieb speculativer Holzhändler, — brachte die sociale Umwälzung dem Walde noch neue Uebel. Durch die enorme Ausdehnung des Eisenbahnnetzes, durch den Aufschwung der Bauhätigkeit in den Städten, durch den grossen Eisen- und Stahlconsum wurde der Bedarf an Bauholz und Holzkohle von Jahr zu Jahr gesteigert. Endlich wäre auch der Holzschleiferei, eines Industriezweiges zu gedenken, welcher gerade das schönste und feinfaserigste Jungholz des Waldes als Rohstoff zu verarbeiten pflegt. Es ist besonders hervorzuheben, dass diese Industrie einerseits wegen der billigen Wasserkraft, andererseits wegen der Rohmaterialien, in neuester Zeit mit Vorliebe solche Gebirgsthäler aufsucht, wo eine Regelung der Waldwirthschaft, wie ja die atmosphärischen Excesse der jüngsten Zeit beweisen, zur brennendsten Frage geworden ist. Deshalb sollte auch, mit Hinblick auf die im Werden befindlichen Regulierungs- und Aufforstungsprojecte, diesem, auf kein herkömmliches Recht sich stützenden Productionszweige gerade jetzt das schärfste Augenmerk zugewendet werden.

In dieser kurzen Darstellung der Leidensgeschichte liegen die Gründe des Verfalles, und die Ursachen der verheerenden Ueberschwemmungen der Alpenthäler klargelegt. Wenn die Complication der verschiedenen Servitutsrechte der Regulierungs- und Aufforstungsfrage voraussichtlich grosse Schwierigkeiten entgegensetzen dürfte, so ist zu bedenken, dass andere Staaten, als sie daran gingen, die Flüsse zu zähmen und das Oedland aufzuforsten, die Lösung so heiklicher Besitzstörungs-Fragen mit nicht weniger Schwierigkeiten durchgekämpft haben mögen.

c) Die Wildwasser- und Aufforstungsgesetze der französischen Regierung.

In früherer Zeit versuchte Frankreich die Flüsse durch Eindämmungen zu zähmen, die Hochthäler und die Oedflächen des Gebirges wurden anfänglich nicht beachtet. Erst Ingenieur Surell machte in seinem bekannten Werke auf den Umstand aufmerksam, dass der Frage der Zählung der Wildwässer nur durch Bewaldung und Berasung der Oedflächen des Gebirges gründlich zu Leibe gegangen werden könne. Durch die häufigen Ueberschwemmungen genöthigt, legte die französische Regierung schon im Jahre 1845 ein, auf die Bekämpfung der Wildwässer abzielendes Gesetz den Kammern vor, dessen Zustandekommen von heterogenen Interessen damals leider durchkreuzt wurde. Später übernahm es die Forstverwaltung, dasselbe Gesetz zu verbessern. Die Jahre 1848—52 drängten diese Fragen wieder in den Hintergrund und erst die furchtbaren Ueberschwemmungen des Jahres 1856 brachten es dahin, dass das Gesetz der „Wiederbewaldung“ im Jahre 1856 in den Kammern durchgebracht wurde.

Um die dadurch entstandenen Befürchtungen der Bergbewohner wegen Bewaldung der Hochweiden zu zerstreuen, wurde, nachdem das Gesetz vom Jahre 1860 nur die Bewaldung steiler zerklüfteter Hänge im Auge hatte, ein anderes Gesetz über die Berasung der Berge und Cultivirung sanfter Berghänge zu Stande gebracht. Beide noch heute in Kraft stehenden Gesetze sind von den segensreichsten Folgen begleitet.

Trotz vieler Arbeit waren noch sehr ausgedehnte Bodenflächen zu verbessern. Da die Anwohner die Kosten der Cultivirung nicht erschwingen konnten, so musste auch diese Frage entsprechend geregelt, und in den zwischen den Jahren 1860 bis 1864 erlassenen Gesetzen den Verhältnissen entsprechende Aenderungen vorgenommen und die auszuführenden Arbeiten in facultative und obligatorische getrennt werden.

1. Die facultativen Arbeiten können die Gemeinden oder einzelne Grundbesitzer auf ihrem Boden selbst vornehmen. Werden die Kosten von denselben bestritten, so hat die Behörde nur soweit, als es die allgemeinen Interessen erheischen, Einsprache zu erheben. Es kann aber auch die Hilfe des Staates in Geld, Samen, Pflanzen u. s. w. beansprucht werden. — Das Geld wird erst dann ausbezahlt, wenn die Arbeiten von fachmännischer Seite in der Durchführung dem Zwecke entsprechend anerkannt werden. Die Samen oder Pflanzen werden gewöhnlich frei gegeben, nur behält sich der Staat die Oberaufsicht vor, und kann bei schlechter Verwendung hiefür den Ersatz vorschreiben.

Vom Staate subventionirte Gemeindewälder und Weiden müssen sich dem staatlichen Forstreglement und dessen Schonungsregeln unterwerfen. Die von der Municipalcasse, welche den Waldertrag für sich nimmt, gezahlten Gemeindeforstbeamten werden vom Staate ernannt, eine Vormundschaft, welcher sich die Gemeinden nicht gerne unterworfen haben.

2. Die obligatorischen Arbeiten unterscheiden sich von den vorigen dadurch, dass sie auf Anordnung der Regierung durchgeführt werden müssen. Ein Regierungsdecret.

erklärt auf Grund der bestehenden Gesetze vor allen das „öffentliche Wohl“. Vor der Enteignung des zu verbessernden Bodens wird eine öffentliche Enquête einberufen und von den Absichten der Regierung Jedermann in Kenntniss gesetzt. Wenn die betreffenden Eigenthümer nach Monatsfrist nicht erklärt haben, die Arbeiten selbst zu übernehmen, wird, wie es das Gesetz vorschreibt, im Wege der Enteignung und Bezahlung einer entsprechenden Entschädigung vorgegangen.

Nach Beendigung der Arbeiten steht es dem gewesenen Besitzer frei, den enteigneten Boden, gegen Rückzahlung der erhaltenen Entschädigung, sowie der für die Arbeiten vorausgabten Kosten sammt Interessen wieder als sein Eigenthum zu beanspruchen. Es kann aber auch der Modus Platz greifen, dass vom Waldboden die Hälfte, von den Berasungen ein Viertel des verbesserten Bodencomplexes dem Staate an Zahlungsstatt in's volle Eigenthum abgetreten werde. Dasselbe gilt auch für die Gemeinden und andere öffentliche Anstalten. Machen dieselben von den Begünstigungen keinen Gebrauch, so behält der Staat den enteigneten Boden ganz für sich. Uebrigens kann der Staat bei den Gemeinden von der Bodenenteignung ganz absehen, er übernimmt die der Gemeinde zufallenden Arbeiten, behält aber den Wald, bis die Auslagen durch Nutzgenuss vollständig gedeckt sind, in der Verwaltung, dann fällt der Boden wieder der Gemeinde anheim.

Man fand diese Gesetze etwas zu hart, die neueren Bestimmungen gehen auf eine zweckmässige Milderung der Verpflichtungen hinaus.

Als eine Erleichterung wird angesehen, dass der Regierung das Recht, bei nothwendigen Bodenverbesserungen das öffentliche Wohl zu decretiren, genommen und von der Gesetzgebung selbst vorbehalten wird. Da bei grösseren Arbeiten jeder Enteignung die Erklärung des öffentlichen Wohles vorangehen muss, so ist diese Einschränkung, wo es sich um dringliche Arbeiten und um rasches Eingreifen handelt, wohl nicht gut gewählt; im Wege des Parlaments werden solche Fragen oft jahrelang verzögert und schliesslich ist das Parlament doch in den meisten Fällen angewiesen, den Berichten der Regierungsorgane Glauben schenken zu müssen. Dort wo Arbeiten nothwendig sind, ist nach der neuen Gesetzesvorlage der Staat verpflichtet, sie zu übernehmen, er ist aber genöthigt, die betreffenden Grundstücke zu kaufen. Den Gemeinden, Privaten bleibt es, wenn sie sich verpflichten, die Arbeiten im Einverständniss mit der staatlichen Forstverwaltung selbst durchzuführen, in jedem Falle unbenommen, den Boden selbst zu behalten. In keinem Falle darf sich der Staat wie früher durch Bodenproducte bezahlt machen.

Eine Neuerung, welche die Cultivirung des Waldes und die Schonung der Weiden betrifft, ist, dass die staatliche Forstverwaltung nach der neuen Gesetzesvorlage das Weiden verbieten kann. Der Staat ist verpflichtet hiefür eine Entschädigung zu zahlen, wovon ein Theil der Municipalcasse, der Rest aber dem Weideberechtigten zufliesst, während die Besitzer solche Entschädigungen früher nur in gewissen Fällen beanspruchen konnten. Die Dauer des Weideverbotes ist auf zehn Jahre beschränkt, kann aber (der Berechtigte hat dabei das Einspruchsrecht) auf weitere Termine verlängert werden. Während des Weideverbotes

kann der Staat ohne eine Entschädigung zu beanspruchen, den Boden verbessern. Dem Präfecten steht das Befugniss zu, anzuordnen, wieviel von jeder und welche Gattung Vieh einen Weideplatz betreten darf; die Regulirung des Weiderechtes sollte eigentlich dem gewählten Generalrathe zufallen, allein diese Anordnung zielt darauf hin, die Mitglieder desselben mit seinen Wählern nicht in Conflict zu bringen.

d) Der Wildwasser-Gesetzentwurf der österreichischen Regierung.

Die Ueberschwemmungs-Katastrophen in Kärnten und Tirol haben auch in Oesterreich Anlass gegeben, die Bekämpfung der Wildwässer einer gesetzlichen Regelung zu unterwerfen. Der Gesetzentwurf „betreffend Vorkehrungen zur unschädlichen Ableitung des Gebirgswassers“, welcher in einer der nächsten Sessionen des Reichsrathes zur Verhandlung kommen dürfte, erwähnt in den ersten Paragraphen Mittel, die Wildbäche zu zähmen. Im §. 1 heisst es: „Zur Sicherung und thunlichst unschädlicher Ableitung eines Gebirgswassers können auf Grund des in diesem Gesetze geregelten Verfahrens nicht nur hinsichtlich des Gerinnes selbst, sondern auch hinsichtlich der Grundparzellen jener Zone, deren Bodenzustand auf die Ansammlung und Abfluss des Wassers vom Einfluss ist (Bachzone), alle jene Bauten und sonstigen Vorkehrungen angeordnet werden, welche sich nach den obwaltenden Verhältnissen als zweckentsprechend darstellen, wie insbesondere: Die Herstellung von Grund- und Thalsperren, Flechtwerken und Abflussschalen in dem Gerinne, die Befestigung des Bodens in der Bachzone, durch Entwässerungsanlagen, Hege-lungen, Aufforstung oder Berasung und die Ausschliessung und Anordnung bestimmter Arten sowohl der Benützung der Wälder und anderer Grundstücke, als auch der Bringung der Forstproducte“. . . .

„Die, zu diesen Herstellungsarbeiten nöthigen Materialien,“ heisst es weiter, „können, wenn sie in den, zur Bachzone gehörigen Complexen oder in benachbarten Grundstücken sich vorfinden, nebst den für die Zufuhr, Ablagerung, Bereitung von Baumaterialien, zur Herstellung von Unterkunfts-räumen nöthigen Parzellen — von den betreffenden Eigenthümern gegen eine den Gestattungen angemessene Entschädigung, reclamirt werden.“ Dann heisst es im §. 4: „Zur Bachzone gehörige Grundparzellen können in jenen Fällen zu Gunsten des Unternehmens enteignet werden, in denen begründete Zweifel bestehen, dass bei deren Belassung im bisherigen Besitze, der, für den Zweck des Unternehmens erforderliche Zustand derselben vollständig und rechtzeitig hergestellt und nachhaltig aufrecht erhalten werde. Nutzungsrechte dritter Personen, welche auf den Grundstücken der Bachzone haften, können ganz oder theilweise enteignet werden, sofern deren Belassung mit dem Zustande, in welchem das belastete Grundstück erhalten werden soll, nicht oder nur unter besonderen, schwer zu überwachenden Vorsichten vereinbar erscheint.“

Die folgenden Paragraphen sprechen über die Ausführung und Erhaltung der Schutzvorrichtungen und sonstigen Conservierungsanlagen, dann über das Ausmaass und die Art der Entschädigung, welche der Unternehmer dem Grundbesitzer zu leisten hat und im §. 9 heisst es

weiter: „Als Unternehmer solcher unter Anwendung dieses Gesetzes auszuführenden Werke zur thunlichst unschädlichen Ableitung der Gebirgswässer können die Staatsverwaltung, betheiligte Länder, Bezirke, Gemeinden und andere Interessenten einzeln oder in Gemeinschaft auftreten.

Der Unternehmer hat das Generalproject zu verfassen, welches zu enthalten hat:

1. Eine Darstellung der im Gebiete des zu verbauenden Gebirgswassers bestehenden, für das Unternehmen erheblichen Verhältnisse; 2. den Situationsplan mit der Bezeichnung des Endpunktes der Arbeiten im Gerinne thalwärts und mit der häufigen Begrenzung der Bachzone; 3. ein Generalnivelement des Längenprofils; 4. die schematischen Typen für die im Gerinne herzustellenden Arbeiten; 5. die summarische Darstellung der in der Bachzone zu treffenden Vorkehrungen; schliesslich 6. den approximativen Kostenvoranschlag für die Arbeiten im Gerinne und die Maassnahmen in der Bachzone.“

Bezüglich der Kostenfrage heisst es im §. 18: „Die mit der Ausführung des Unternehmens verbundenen Kosten, einschliesslich jener für Vorkehrungen an bestehenden Eisenbahnen, dann die Entschädigungen und Regieauslagen sind von dem Unternehmer zu tragen. Denselben obliegen auch die Kosten für die fernere Erhaltung des Werkes, falls in dieser Hinsicht kein anderweitiges Unternehmen - Ueber-einkommen erzielt, oder die Erhaltungspflicht nicht durch ein besonderes Gesetz in anderer Weise geregelt wird. Die Bestimmungen der Wasserrechtsgesetze über eine etwaige Heranziehung Anderer zu Beiträgen, für die Ausführung und Erhaltung des Werkes, werden durch dieses Gesetz nicht berührt.“ Darauf folgen Bestimmungen bezüglich der Beaufsichtigung und der Erhaltung fertiger Arbeiten, wobei für Beschädigungen sehr scharfe Strafen festgesetzt sind.

Weiters enthält das Gesetz die Bestimmung, dass der Ackerbauminister im Einvernehmen mit dem Minister des Innern die gesetzlich geregelten, den politischen Bezirks- oder Landesbehörden zugewiesenen Amtshandlungen — von der Straf- und vollziehenden Gewalt abgesehen — besonderen Local- bzw. Landescommissionen übertragen könne, welchen die Aufgabe zufallen kann, Oertlichkeiten, wo im Sinne des Gesetzes dringliche Arbeiten nothwendig werden, zu durchforschen und der Staatsverwaltung, dem Lande selbst, oder entsprechenden Interessenten, die nöthigen Vorschläge und Vorstellungen zur Bekämpfung der Gefahren zukommen zu lassen. Handelt es sich um die Ausführung bedeutender oder zahlreicherer Unternehmungen, so müssen Landescommissionen jedenfalls eingesetzt werden.

Der §. 23 handelt über die Zusammensetzung der Landescommissionen und heisst: „Die Landescommission hat unter dem Vorsitze des Landes-Chefs oder seines Stellvertreters zu bestehen: 1. aus den administrativen und technischen Organen der Staatsverwaltung; 2. aus Mitgliedern, welche der Landesausschuss in die Commission entsendet; 3. aus Mitgliedern, welche der Landesculturrath, oder, wo ein solcher nicht besteht, der vom Ackerbauminister hiezu berufene land- oder forstwirtschaftliche Verein abordnet. Insoferne durch das Unternehmen eine Eisenbahn

berührt wird, ist die Landescommission durch einen vom Handelsministerium zu bestimmenden Vertreter der k. k. General-Inspection der Eisenbahnen zu verstärken. Die Localcommissionen sind vom Landes-Chef fallweise nach Maassgabe der Verhältnisse zusammenzusetzen.“

e) Bemerkungen.

Die in den einzelnen Abschnitten dieser Studie niedergelegten Bemerkungen sollen andeuten, dass die Anwendung der eben erörterten zur Bekämpfung der Wassergefahren bestimmten Mittel, in Systemen sich gegenseitige Schwächen decken, und in der Gesamtheit eine dauernde Zähmung der Wildwasser gewiss anhoffen lassen dürften. Da weiters die Regulirungs- mit der Aufforstungsfrage Hand in Hand gehen muss, so kann der Ingenieur seiner schwierigen Aufgabe nur dann Herr werden, wenn er von Seite zweckmässiger Gesetze die ausgiebigste Unterstützung vorfindet.

Während die französische Regierung die Regulirungs- und Aufforstungsfrage, nach ihren Gesetzen, als eine das allgemeine Staatswohl treffende, selbst in die Hand nimmt und die Arbeiten thatsächlich durchführt, soll nach dem Wortlaute des österreichischen Gesetzentwurfes, die Zähmung der Wildwässer der, unter staatlicher Obergewalt stehenden allgemeinen Concurrenz überlassen bleiben. Als Unternehmer sind: die Staatsverwaltung, betheiligte Länder, Bezirke, Gemeinden und andere betheiligte Interessenten genannt, welche die Kosten des Unternehmens tragen sollen, ohne dass, wie es eben in Frankreich der Fall ist, die den Arbeitsleistungen des Unternehmens äquivalente Entschädigungsfrage näher erörtert worden wäre. Es ist völlig klar, dass einzelne, den verkarsteten Bachzonen zunächst liegende Interessenten, Gemeinden, Bezirke sowohl wegen fehlender Geldmittel, als wie in Folge der verschiedenartigsten Privatinteressen nicht im Stande sind, so complicirte Aufgaben auf eigene Rechnung einheitlich durchzuführen und fremdes Privatcapital dürfte, schon wegen Mangel des entsprechenden Gewinnes, dieser Frage wenig Interesse entgegenbringen.

Sowie in Frankreich, bleibt auch für die Alpen der mit aller Executivgewalt und den nöthigen finanziellen und scientific-technischen Mitteln ausgerüstete Staat als derjenige, welcher im Stande ist, die Lösung der so schwierigen Fragen mit aller Energie anzubahnen. Bei dauerndem Erfolge sollen die Arbeiten zudem bis in die entferntesten Hochthäler des in Verkarstung befindlichen Reliefs der Flussgebiete ausgedehnt werden. Die staatliche Obergewalt allein reicht dazu nicht aus, die Lösung der Aufgabe verlangt in ihrer Durchführung eines gut organisirten, vom Staate einheitlich geleiteten, nur der Regulirungs- und Aufforstungsfrage zugewendeten Ingenieurcorps.

Weil die Regulirungen der Alpenflüsse ein eingehendes Studienmateriale erfordern, so wäre gleich bei der Organisation des ganzen Dienstes auf die meteorologische und hydrologische Durchforschung der Gebiete entsprechende Rücksicht zu nehmen. *) Wenn anfänglich auch nur mangel-

*) Durch die Herbstüberschwemmungen des Jahres 1882 veranlasst, hat der Verband der deutschen Architekten- und Ingenieur-Vereine für die deutschen Regierungen eine Denkschrift: „Ueber die bessere Ausnützung des Wassers und die Verhütung der Wasserschäden“ ausgearbeitet und die Pflege der Hydrologie auf das wärmste

haftes, oft ungenügendes Beobachtungsmateriale gewonnen wird, so werden die mit der Zeit nachfolgenden Ergänzungen dasselbe vollkommener machen. Die nachkommenden Generationen werden an der Hand einer klargelegten Lebensgeschichte der Wasserläufe im Stande sein, die zur Abwehr der Ueberschwemmungen geeigneten Mittel durch weitere zeit- und zweckgemässe Maassnahmen zu ergänzen.

Der österreichische Gesetzentwurf ordnet zwar an, in verwahrlosten Bachzonen mit Sequestrationen und Expropriationen vorzugehen; allein die privatrechtlichen Verhältnisse, namentlich aber die Weide- und sonstigen Rechte, werden wahrscheinlich aus politischen Rücksichten mehr geschont, als es eben nöthig ist.

So lange es sich nur um die Ausführung von Thalsperren, Compensations-Reservoirs, Sickergräben, Verflechtungen, also überhaupt um die Verbauung der Wildbäche handelt, werden die servitutsberechtigten Bewohner der Durchführung dieser Arbeiten entgegenkommen; ein grösserer Widerstand wird erst dann zu erwarten sein, wenn es sich um Aufforstungen, Schonung der Wälder und die Aenderung des Weideganges handeln dürfte. Aber auch solche Schwierigkeiten dürften leichter als man es meint zu überwinden sein, wenn die planmässigen Regulierungsarbeiten in einer, einschneidendere Besitzstörungen vermeidenden Reihenfolge zur Ausführung gelangen.

Die gegebene Sachlage erfordert vor allem den Aufstau der, von den wiederkehrenden Hochwässern alljährlich in die Hauptthäler abgeschwemmten Geschiebmassen durch den Einbau geschiebehaltender Thalsperren in den Seitenthälern. Der Zeitabschnitt, während welchen solche Objecte wirken,*) könnte für die Anlage von Verflechtungen, Sickergräben, Sammelreservoirs im Gebirge, dann für die Ausbildung des regulirten Flussgerinnes im Hauptthale ausgenützt werden. Mit der zunehmenden Ausdehnung dieser Arbeiten wird die Wasserabfuhr im Niederschlagsgebiete des Flusses allmählig verzögert, die Geschiebeführung abgeschwächt und der Boden der Oedflächen durch die, von Seite der Sickergräben und Sammelreservoirs kommende Bewässerung für die Aufnahme der Vegetation geeigneter gemacht.

Während der Durchführung dieser Arbeiten wird genügende Zeit vorhanden sein, die Aufforstungsfrage der Bachzonen gründlich zu studiren, die bestehenden Hindernisse

empfohlen. (Centralblatt für Bauverwaltung Seite 313, Jahrg. 1882 und Seite 90, Jahrg. 1883). Ebenso hat Regierungsbaumeister Keller über die Wasserwirtschaft und Hydrologie in sehr anregender Weise geschrieben. (Centralblatt für Bauverwaltung Nr. 14 und 15, Jahrg. 1883) und für Preussen die Errichtung einer hydrologischen Landesanstalt vorgeschlagen. Die grossherzoglich badische Regierung ist diesbezüglich bereits zur That übergegangen und hat bei der Oberdirection des Wasser- und Strassenbaues ein eigenes Centralbureau für Meteorologie und Hydrographie errichtet.

In Oesterreich hat gelegentlich des zweiten Agrartages Prof. Perels in Wien den Antrag eingebracht, eine Centralanstalt für das Gesamtgebiet der Hydrotechnik zu errichten.

*) Die Dauer hängt von dem Zustande der Bachzone ab. Im Canalthale in Kärnten hat sich in den, mit Thalsperren verbauten Bachzonen die regere Geschiebeführung nach acht bis zehn Jahren bemerkbar gemacht, um welche Zeit die Objecte aufgeholt werden mussten.

im gütlichen oder im Expropriationswege hinwegzuräumen, und die Oedflächen zu bepflanzen. Auf diese Weise wird der, die Wasserabfuhr regulirende Gesamtapparat immer vollkommener, die Bewohner werden den Werth, die wohlthätige Wirkung der ganzen Regulierungs- und Aufforstungsarbeiten mit der Zeit eingehender kennen lernen, und der Erhaltung derselben das ganze Interesse entgegenbringen. Es ist besonders hervorzuheben, dass die, an den Flussgerinnen ausgeführten Regulierungsarbeiten den gänzlichen Verwüstungen durch die wiederkehrenden Ueberschwemmungen nur dann entzogen bleiben, wenn den in das Hochgebirge fallenden eben berührten Ergänzungsarbeiten die ganze Sorgfalt zugewendet wird. Man hat es freilich nicht in der Hand, die schädlichen Hochwässer ganz zu beseitigen, allein die in verkarsteten, kahlen Gebieten schon nach kurzen aber intensiven Niederschlägen folgenden Ueberschwemmungen werden weniger gefährlich. Die Hochwasserwelle wird erst nach länger dauernden Regen in den Thälern sich bemerkbar machen und auch in selteneren Fällen solche Verwüstungen anrichten können, wie sie in den Alpen in jüngster Zeit vorgekommen sind. Die Wasserabfuhr vollends günstig zu regeln wird nie gelingen, die Aufgabe geht vielmehr darauf hinaus, das rasche Zusammenfliessen der Niederschläge in den Rinnalen möglichst lange hinauszuschieben, mit der Schwächung der Wasserkraft die Geschiebeführung auf ein Minimum zu reduciren und der Verkarstung der Alpenthäler auf diesem Wege entgegen zu arbeiten, damit die Bewohner nicht gezwungen werden, auswandern zu müssen. *)

Dass einzelne Hilfsmittel, die verderbenbringenden Wildwasser zu bekämpfen, unter gewissen Umständen versagen, ist begreiflich. So z. B. werden die Sickergräben, Sammelbecken, bei gefrorenem Gehängboden des Hochgebirges, wie Oberbaurath Honsell ganz richtig bemerkt, sich völlig wirkungslos erweisen. Der Umstand aber, dass der gefrorene Boden vom Wasser schwerer aufgewühlt werden kann, ist, da weniger Geschiebe in das Bachgerinne gelangt, in dem Falle ein Vortheil, welcher den eben erörterten Nachtheil der durch die Kälte ausser Function gesetzten Sickergräben zum Theile aufwiegt. Im Sommer, Frühherbst, um welche Zeit die Temperatur der Berghöhen selten unter Null sinkt und in den Alpen die Gewitterregen sehr häufig sich einstellen, werden die Sickergräben stets ihre volle Thätigkeit entfalten können.

In der Wildwasserfrage hat die Gesetzgebung, wie schon öfters angedeutet, ein ziemlich noch unbekanntes Gebiet vor sich. Es wird daher das Studium der hydrographischen, der rechtlichen und sonstigen Verhältnisse um so nothwendiger, damit die gesetzlichen Maassnahmen der Zukunft entsprechend regulirt, und dem Ingenieur in diesem Unternehmen jenes Gewicht beigelegt wird, wie es der Ernst dieser Frage und die Situation der Gebirgsthäler factisch erfordert.

*) Eine in ihrer Art sehr gründlich durchgeführte Regulierungsstudie, ist jene des mährischen Landesbaurathes Th. Nosek über „die Marchflussregulirung und des Odercanals“. Wir werden dieselbe gelegentlich eingehender besprechen.

Villa des Herrn M. Diamant in Bruck a. d. Mur.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 28 und 29.)

Durch die neue Anlage einer Papierfabrik mit Benützung des Mürzflusses in Bruck a. d. Mur hat sich auch das Bedürfniss des Fabriksbesitzers ergeben, zunächst dieser industriellen Anlage sein Heim zu schaffen.

Da auf seinem eigenen ausgedehnten Terrain ein geeigneter Bauplatz für diese Villa nicht zu beschaffen war, so musste derselbe erst nach umständlichen und langwierigen Verhandlungen durch Umtausch an der erhöhten Terrainstelle und ausserhalb der Flussmulde gewonnen werden.

Die gestellten Anforderungen für diese Villa waren rücksichtlich der Baukosten auf ein bescheidenes Maass beschränkt, demgemäss wurde die Architektur mit vorspringenden Holzdächern etc. gewählt, dagegen durch Gruppierung der Façaden dem Gebäude der monotone Charakter benommen und der Villenbau der lieblichen umgebenden Landschaft in einfachen Formen angepasst, wobei durch die verschiedenen Farbentöne des Materials — Rohbausoekel aus Granit, Lisenen aus Verkleidungsziegeln und Dachvorsprünge, und Veranda aus Holz — eine Abwechslung erzielt wurde.

Im Parterre befindet sich der Speisesaal mit der Veranda, der Salon, das Arbeitszimmer des Herrn mit dem Erker, ein Cabinet, die Küche, die Dienstboten- und eine Speisekammer. Im ersten Stock ist der Salon mit Balkon, zwei Schlafzimmer, ein Cabinet, ein Gastzimmer und das Badecabinet.

Am Dachboden besteht ein Thurmzimmer und gegen Nordwest ein Dachzimmer.

Im Souterrain befindet sich die Waschküche, eine Mangel- und Bügelkammer, eine zweite Speisekammer und drei Kellerabtheilungen.

Das Souterrain ist gewölbt, über dem Parterre sind Tramböden mit Traversen und über dem ersten Stock sind Dippelböden. Das Dachdeckmaterial ist Schiefer. Eine Leitung von der Fabrik versieht alle Geschosse mit Wasser.

Die Baukosten betragen 23.000 fl. ö. W.; da die verbaute Grundfläche ca. 326 m² beträgt, so kommt durchschnittlich das Quadratmeter verbaute Fläche auf 70 fl. ö. W. Der Bau wurde im Frühjahr 1882 begonnen und heuer zur Vollendung gebracht.

Architekt M. Hinträger.

Die Torsions-Spannung regelmässiger Vielecke.

Von Emil Herrmann, Professor in Schemnitz.

Die vorliegende Studie schliesst sich an meine vollständige Lösung des De Saint-Venant'schen Problems an, welche auf Seite 122 des XXXIII. Jahrganges dieser Zeitschrift beginnt.

Im weiteren Verlaufe des Studiums stellte sich eine kleine Abänderung in der Bezeichnung als wünschenswerth heraus und es bedeutet nun:

t_y die Componente der Schubspannung, welche auf die y -Achse,

t_z jene, welche auf die z -Achse senkrecht gerichtet ist,

δ den specifischen Verdrehungswinkel,

C den Modulus der Schubelasticität (in der erwähnten Abhandlung E'),

V^* die De Saint-Venant'sche Function (früher F),

M das drehende Moment der Kräfte und

D den Torsionsmodel des Querschnittes.

Da nun alle Winkel von der y -Achse zur z gerechnet werden, so betrachte ich das drehende Moment als positiv, wenn es von der $+y$ - zur $+z$ -Achse dreht; man hat somit in den Formeln der vollständigen Lösung überall y mit z zu vertauschen. Der Ausdruck für den Torsionsmodel wird dann

$$D = \iint \left[y \left(\frac{\partial V}{\partial z} + y \right) - z \left(\frac{\partial V}{\partial y} - z \right) \right] dy dz.$$

Der specifische Verdrehungswinkel wird deshalb nach Gl. 3, S. 124,

$$\delta = \frac{M}{C \cdot D}.$$

Die allgemeinen Ausdrücke für die Spannungs-Componenten symmetrischer Querschnitte, S. 123, werden

$$t_y = \frac{M}{D} \left[\frac{\partial V}{\partial z} + y \right]$$

$$t_z = \frac{M}{D} \left[\frac{\partial V}{\partial y} - z \right].$$

Die V -Function besitzt die Eigenschaft Gl. 1, S. 123,

$$\frac{\partial^2 V}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} = 0.$$

Im Umfange muss die Richtung der Schubspannung in die Tangente fallen, was durch

$$t_y \cdot dy = t_z \cdot dz$$

ausgedrückt ist.

Schreiben wir, wie dies gebräuchlich ist, $i = \sqrt{-1}$, so kann man setzen

$$V = \sum A_m \frac{(y + iz)^m - (y - iz)^m}{2im}.$$

Die mit A_m bezeichneten, unbekannten Coëfficienten müssen dem Umfange des Querschnittes entsprechend mit Hilfe der Umfangsbedingung bestimmt werden.

Es ist zweckmässig, in den Formeln nicht den absoluten Werth der Coordinaten eines Punktes des Querschnittes zu gebrauchen, sondern deren Verhältniss zu einer Abmessung des Querschnittes. Bei den regelmässigen Vielecken scheint

*) Diesen Buchstaben glaube ich zu Ehren De Saint-Venant's, dem man die Grundlage der Theorie verdankt, wählen zu sollen.

es mir am natürlichsten das Verhältniss zum Halbmesser r des umschriebenen Kreises zu nehmen. Es wird dann der Torsionsmodell des Querschnittes

$$D = r^4 \int \int \left[y \left(\frac{\partial V}{\partial z} + y \right) - z \left(\frac{\partial V}{\partial y} - z \right) \right] dy dz.$$

Die Componenten der Spannung hingegen werden

$$t_y = \frac{r M}{D} \left[y + \frac{\partial V}{\partial z} \right]$$

$$t_z = \frac{r M}{D} \left[-z + \frac{\partial V}{\partial y} \right].$$

Die Coëfficienten in V sind jetzt reine Zahlen.

Führen wir statt der rechtwinkligen Coordinaten polare ein und bezeichnen wir mit ρ das Verhältniss des Fahrstrahles zum Halbmesser des umschriebenen Kreises, mit φ aber den Elongationswinkel von der positiven y gegen die $+z$ gerechnet, so wird

$$y = \rho \cos \varphi$$

$$z = \rho \sin \varphi.$$

Mit Rücksicht auf die Eigenschaften des Moivre'schen Binomes ist

$$\frac{(y + iz)^m - (y - iz)^m}{2i} = \rho^m \sin(m\varphi)$$

$$\frac{(y + iz)^m + (y - iz)^m}{2} = \rho^m \cos(m\varphi).$$

Es ist ferner

$$\frac{\partial V}{\partial y} = \sum A_m \frac{(y + iz)^{m-1} - (y - iz)^{m-1}}{2i} = \sum A_m \rho^{m-1} \sin(m-1)\varphi$$

$$\frac{\partial V}{\partial z} = \sum A_m \frac{(y + iz)^{m-1} + (y - iz)^{m-1}}{2} = \sum A_m \rho^{m-1} \cos(m-1)\varphi$$

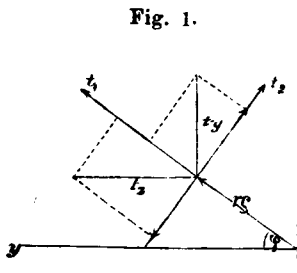
weshalb

$$t_y = \frac{r M}{D} \left[\rho \cos \varphi + \sum A_m \rho^{m-1} \cos(m-1)\varphi \right]$$

$$t_z = \frac{r M}{D} \left[-\rho \sin \varphi + \sum A_m \rho^{m-1} \sin(m-1)\varphi \right].$$

Für unseren Zweck ist es von Vortheil, die Componente der Spannung zu kennen, welche in die Richtung des Fahrstrahles fällt t_1 , und welche in die zum Fahrstrahl senkrechte Richtung fällt t_2 . Nebstehende Figur zeigt, dass

Fig. 1.

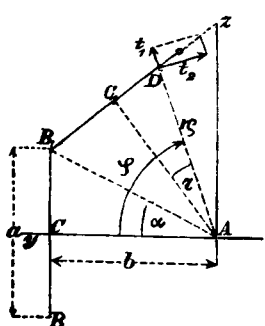


$$t_1 = t_z \cos \varphi + t_y \sin \varphi$$

$$t_2 = t_y \cos \varphi - t_z \sin \varphi$$

oder mit Rücksicht auf obige Werthe von t_y und t_z

Fig. 2.



$$t_1 = \frac{r M}{D} \sum A_m \rho^{m-1} \sin(m\varphi)$$

$$t_2 = \frac{r M}{D} \left[\rho + \sum A_m \rho^{m-1} \cos(m\varphi) \right].$$

Es sei nun (Fig. 2) D ein Punkt einer Seite des Vieleckes; der ihm entsprechende Strahl schliesst mit der Senkrechten auf die Seite, d. h. mit $A C_1$ den Winkel τ ein, und es ist der Elongationswinkel des Punktes D , $\varphi = 2\pi\alpha + \tau$, wenn α der halbe Centriwinkel des Vieleckes ist und x eine ganze Zahl, kleiner als die Seitenzahl bedeutet. Die Umfangsbedingung ist jetzt durch

$$\frac{t_1}{t_2} = \operatorname{tg} \tau = \frac{\sum A_m \rho^{m-1} \sin(2m\alpha x + m\tau)}{\rho + \sum A_m \rho^{m-1} \cos(2m\alpha x + m\tau)}$$

ausgedrückt.

Soll der Ausdruck auf der rechten Seite des Gleichheitszeichens von x ebenso unabhängig sein, wie jener auf der linken Seite, so muss $(2m\alpha)$ ein Vielfaches des vollen Winkels sein, d. h. es ist

$$2m\alpha = 2\pi \cdot n.$$

Nun ist aber $\alpha = \frac{2\pi}{2s}$, wenn s die Seitenzahl des

Vieleckes bedeutet, somit ist

$$2m \frac{\pi}{s} = 2\pi \cdot n \text{ oder } m = ns.$$

In der V -Function dürfen wir also nur jene Glieder beibehalten, deren Stellenzeiger durch die Anzahl der Seiten des Vieleckes theilbar ist. Wir schreiben nun

$$t_y = \frac{r M}{D} \left[\rho \cos \varphi + \sum A_n \rho^{n s - 1} \cos(n-1)\varphi \right]$$

$$t_z = \frac{r M}{D} \left[-\rho \sin \varphi + \sum A_n \rho^{n s - 1} \sin(n-1)\varphi \right]$$

während die Umfangsbedingung

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{\sum A_n \rho^{n s - 1} \sin(n\tau)}{\rho + \sum A_n \rho^{n s - 1} \cos(n\tau)}$$

oder

$$\rho \sin \tau = \sum A_n \rho^{n s - 1} \sin(n\tau - 1)\tau.$$

Da $\rho = \frac{\cos \alpha}{\cos \tau}$ wird auch

$$\operatorname{tg} \tau = \sum A_n \cos \alpha^{n s - 1} \frac{\sin(n\tau - 1)\tau}{\cos \tau^{n s - 1}} \dots \dots \dots (1)$$

Die genaue Lösung unserer Aufgabe setzt voraus, dass man die Coëfficienten A_n in der letzten Gleichung in independenter Weise bestimmen könne. Mir ist eine solche Methode nicht bekannt, vermuthet aber, dass es eine geben mag. Ich muss mich damit begnügen, durch Beibehaltung einer endlichen Anzahl von Gliedern, der Gl. 1 in einer beschränkten Anzahl von Punkten in jeder Seite des Vieleckes Genüge zu leisten.

Wenn ich z. B. im Halbirungspunkte, im Endpunkte und in noch zwei Punkten der halben Seite, der Gl. 1 entsprechen will, muss ich drei Glieder der Reihe beibehalten. Für den Halbirungspunkt ist $\tau = 0 = \operatorname{tg} \tau = \sin n\tau$, die Gleichung also ohne Rücksicht auf die Coëfficienten richtig.

Für den Eckpunkt ist $\tau = \alpha$, also $s\alpha = \pi$, $\rho = 1$, daher

$$1 = \sum A_n \sin(n\pi - \alpha) = \sum A_n (-1)^{n+1}$$

d. h.

$$1 = A_1 - A_2 + A_3.$$

Diese Bedingung erfüllt zugleich die Forderung, dass in jeder Ecke die Spannung überhaupt gleich Null ist.

Für die noch übrigen Punkte bleibt dann noch im Allgemeinen

$$\sin \tau = A_1 \rho^{s-2} \sin(s-1)\tau + A_2 \rho^{2s-2} \sin(2s-1)\tau + A_3 \rho^{3s-2} \sin(3s-1)\tau$$

oder auch

$$A_1 \frac{\sin(s-1)\tau}{\rho^{s-2} \sin(3s-1)\tau} + A_2 \frac{\sin(2s-1)\tau}{\rho^s \sin(3s-1)\tau} + A_3 = \frac{\sin \tau}{\rho^{3s-2} \sin(3s-1)\tau}$$

Wählen wir am bequemsten die Punkte derart, dass

$$\tau_1 = \frac{\alpha}{3} \text{ und } \rho_1 = \frac{\cos \frac{\alpha}{3}}{\cos \frac{\alpha}{3}} \text{ hingegen } \nu_1 = \frac{1}{\rho_1} = \frac{\cos \frac{\alpha}{3}}{\cos \alpha}$$

$$\text{ferner } \tau_2 = \frac{2\alpha}{3} \text{ und } \rho_2 = \frac{\cos \frac{2\alpha}{3}}{\cos \frac{2\alpha}{3}} \text{ hingegen } \nu_2 = \frac{1}{\rho_2} = \frac{\cos \frac{2\alpha}{3}}{\cos \alpha}$$

wird, dann bekommt man bei Benützung der Abkürzungen

$$\beta_1 = \frac{\nu_1^{2\sigma} \sin \frac{(\sigma-1)\alpha}{3}}{\sin \frac{\alpha}{3}}, \gamma_1 = \frac{\nu_1^\sigma \sin \frac{(2\sigma-1)\alpha}{3}}{\sin \frac{\alpha}{3}}, \delta_1 = \nu_1^{3\sigma-2}$$

und

$$\beta_2 = \frac{\nu_2^{2\sigma} \sin \frac{2(\sigma-1)\alpha}{3}}{\sin \frac{2\alpha}{3}}, \gamma_2 = \frac{\nu_2^\sigma \sin \frac{2(2\sigma-1)\alpha}{3}}{\sin \frac{2\alpha}{3}}, \delta_2 = \nu_2^{3\sigma-2}$$

zur Bestimmung der Coëfficienten die Gleichungen

$$\begin{aligned} \beta_1 A_1 + \gamma_1 A_2 + A_3 &= \delta_1 \\ \beta_2 A_1 + \gamma_2 A_2 - A_3 &= \delta_2 \\ A_1 - A_2 + A_3 &= 1 \end{aligned}$$

deren Auflösung liefert

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= \frac{(1+\delta_2)(1+\gamma_1) + (\delta_1-1)(1-\gamma_2)}{(1+\beta_2)(1+\gamma_1) + (\beta_1-1)(1-\gamma_2)} \\ A_2 &= \frac{\delta_1-1}{1+\gamma_1} - \frac{\beta_1-1}{1+\gamma_1} A_1 \\ A_3 &= 1 - A_1 + A_2 \end{aligned} \right\} \dots (3)$$

Den Torsionsmodel findet man entweder mittelst der Eingangs aufgestellten Formel, oder mittelst der Bedingung, dass das gesammte Moment der auf den Fahrstrahl senkrecht gerichteten Componente dem drehenden Momente gleich sein muss, d. h.

$$M = \frac{rM}{D} \int \int (\rho + \sum A_m \rho^{m-1} \cos m\varphi) \rho \cdot r \cdot d^2 F$$

Es ist aber

$$r^2 \int \int \rho^2 d^2 F = J$$

das polare Trägheitsmoment des Querschnittes, weshalb mit Rücksicht auf $m=n$

$$D = J + r^2 \sum A_n \int \int \rho^{n\sigma} \cos(n\tau\varphi) d^2 F$$

folgt und nur noch das letztere Integral zu ermitteln ist. Wir können nun setzen

$$\rho^{n\sigma} \cos(n\tau\varphi) = \frac{(y+iz)^{n\sigma} + (y-iz)^{n\sigma}}{2}$$

und die Integration auf das halbe Dreieck CB_1A beschränken, wenn wir dasselbe mit der doppelten Seitenzahl multipliciren. Weil $d^2 F = r dy \cdot r dz$ ist, wird nun

$$D = J + 2r^4 \sum A_n \int_0^{\cos \alpha} \int_0^{y \operatorname{tg} \alpha} \frac{(y+iz)^{n\sigma} + (y-iz)^{n\sigma}}{2} dz dy$$

Die erste Integration liefert

$$D = J + 2r^4 \sum A_n \int_0^{\cos \alpha} dy \frac{(1+itg \alpha)^{n\sigma+1} - (1-itg \alpha)^{n\sigma+1}}{2(n\sigma+1)i} y^{n\sigma+1}$$

oder auch

$$D = J + 2r^4 \sum A_n \frac{(\cos \alpha + i \sin \alpha)^{n\sigma+1} - (\cos \alpha - i \sin \alpha)^{n\sigma+1}}{2(n\sigma+1)i \cos \alpha^{n\sigma+1}} \int_0^{\cos \alpha} y^{n\sigma+1} dy$$

Vermöge der Eigenschaft des Moivre'schen Binomes ist nun

$$D = J + 2r^4 \sum A_n \frac{\sin(n\sigma+1)\alpha}{(n\sigma+1) \cos \alpha^{n\sigma+1}} \cdot \frac{\cos \alpha^{n\sigma+2}}{n\sigma+2}$$

Da $\sigma\alpha = \pi$ und

$$\sin(n\pi + \alpha) = (-1)^n \sin \alpha \text{ folgt}$$

$$D = J + 2r^4 \sum A_n (-1)^n \frac{\sin \alpha \cos \alpha}{(n\sigma+1)(n\sigma+2)}$$

Der Flächeninhalt des Dreieckes BB_1C ist

$$\frac{ab}{2} = \frac{2r \sin \alpha \cdot r \cos \alpha}{2} = r^2 \sin \alpha \cos \alpha$$

daher

$$\sigma r^2 \sin \alpha \cos \alpha = F \text{ und}$$

$$D = J + 2Fr^2 \sum \frac{A_n (-1)^n}{(n\sigma+1)(n\sigma+2)}$$

Das polare Trägheitsmoment ist bekanntlich

$$J = F \left(\frac{a^2 + 12b^2}{24} \right)$$

also ist der Torsionsmodel mit Beibehaltung dreier Glieder

$$D = F \left[\frac{a^2 + 12b^2}{24} - 2r^2 \left(\frac{A_1}{(1+1)(1+2)} - \frac{A_2}{(2+1)(2+2)} + \frac{A_3}{(3+1)(3+2)} \right) \right] (4)$$

Die grösste Spannung tritt in der Mitte der Seite auf, sie ist identisch mit t_2 für $\rho = \cos \alpha$ und $\varphi = 0$, nämlich

$$\max t = \frac{rM}{D} \left[\cos \alpha + \sum A_n \cos \alpha^{n\sigma+1} \right]$$

Mit drei Gliedern und mit Berücksichtigung von

$$r \cos \alpha = b$$

ist

$$\max t = \frac{bM}{D} \left[1 + A_1 \cos \alpha^{\sigma-2} + A_2 \cos \alpha^{2\sigma-2} + A_3 \cos \alpha^{3\sigma-2} \right] (5)$$

Wir wollen nun die gewonnenen Formeln auf einige regelmässige Vielecke anwenden.

1. Für das Dreieck.

Die Gl. 1 wird

$$\operatorname{tg} \tau = A_1 \cos \alpha \cdot \frac{\sin 2\tau}{\cos \tau^2} + A_2 \cos \alpha^4 \frac{\sin 5\tau}{\cos \tau^5} + \dots$$

Da $\sin 2\tau = 2 \sin \tau \cos \tau$ folgt auch

$$\operatorname{tg} \tau = 2 A_1 \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \tau + A_2 \cos \alpha^4 \frac{\sin 5\tau}{\cos \tau^5} + \dots$$

und sieht man, dass durch $2 A_1 \cos \alpha = 1$ $A_2 = A_3 = \dots = 0$ der Bedingung vollkommen entsprochen werden kann. Der halbe Centriwinkel des Dreieckes ist $\alpha = 60^\circ$, somit $\cos \alpha = \frac{1}{2}$ und $A_1 = 1$. Die Spannung ist somit vollkommen genau, ebenso der Torsionsmodel.

$$D = F \left(\frac{a^2 + 12 b^2}{24} - \frac{r^2}{10} \right); \text{ oder da } r = \frac{a}{\sqrt{3}}; b = \frac{a}{2\sqrt{3}};$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{2} \text{ ist, } D = \frac{F a^2}{20} = \frac{\sqrt{3} \cdot a^4}{80} = \frac{a^4}{46.2}.$$

$$\max t = \frac{40}{3 a^3} M \left(1 + \frac{1}{2} \right) = \frac{20 M}{a^3}.$$

Der spezifische Verdrehungswinkel

$$\delta = \frac{46.2 M}{C a^4}.$$

2. Für das Quadrat.

Nach den Gl. 2 findet man

$$\beta_1 = 33.120 \quad \gamma_1 = 12.994 \quad \delta_1 = 22.620$$

$$\beta_2 = 10.124 \quad \gamma_2 = -2.250 \quad \delta_2 = 7.593,$$

somit wird nach den Gl. 3

$$A_1 = 0.7326, \quad A_2 = -0.1365, \quad A_3 = 0.1309$$

und der Torsionsmodel nach Gl. 4

$$D = 0.14 a^4.$$

Die grösste Spannung wird nach Gl. 5

$$\max t = \frac{1.353}{0.28} \frac{M}{a^3} = 4.83 \frac{M}{a^3},$$

der spezifische Verdrehungswinkel

$$\delta = 7.14 \frac{M}{C a^4}.$$

3. Für das Sechseck.

Man findet

$$\beta_1 = 20.63 \quad \gamma_1 = 11.70 \quad \delta_1 = 7.818$$

$$\beta_2 = 7.670 \quad \gamma_2 = -3.067 \quad \delta_2 = 3.693$$

$$A_1 = 0.4597 \quad A_2 = -0.1737 \quad A_3 = 0.7140$$

Daher ist die grösste Spannung

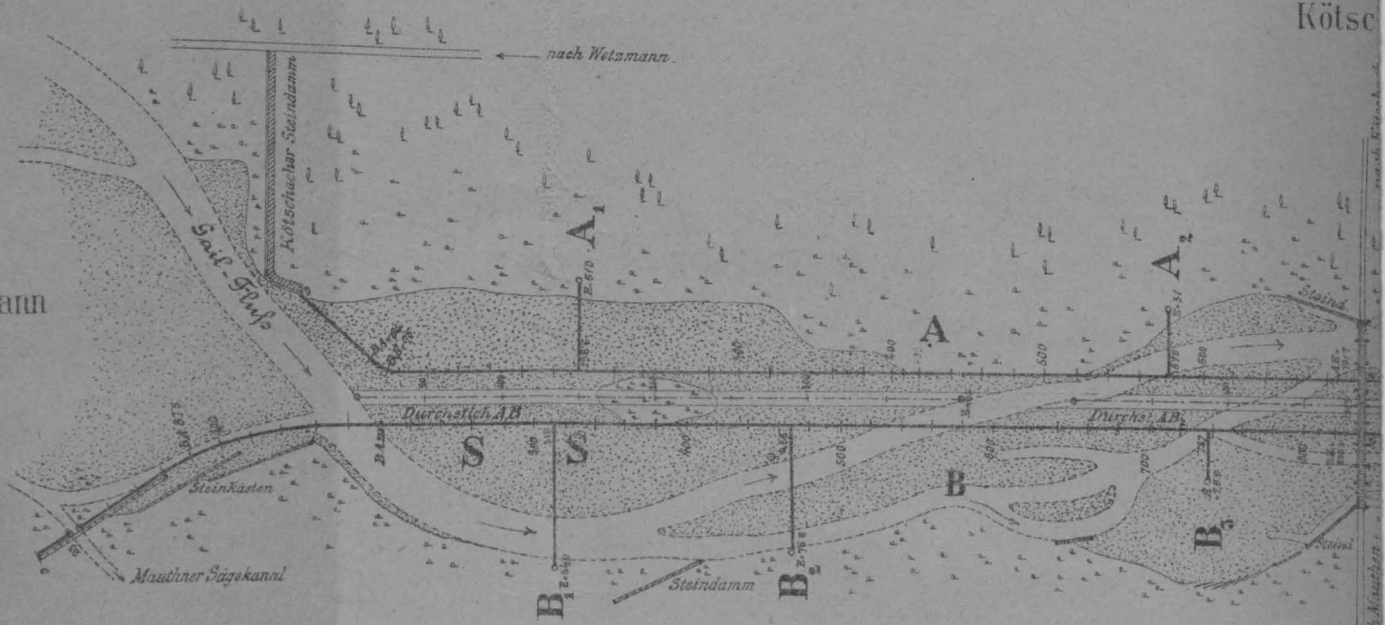
$$\max t = \frac{1.289}{1.185} \frac{M}{a^3} = 1.09 \frac{M}{a^3},$$

der spezifische Verdrehungswinkel

$$\delta = 0.976 \frac{M}{C a^4}.$$

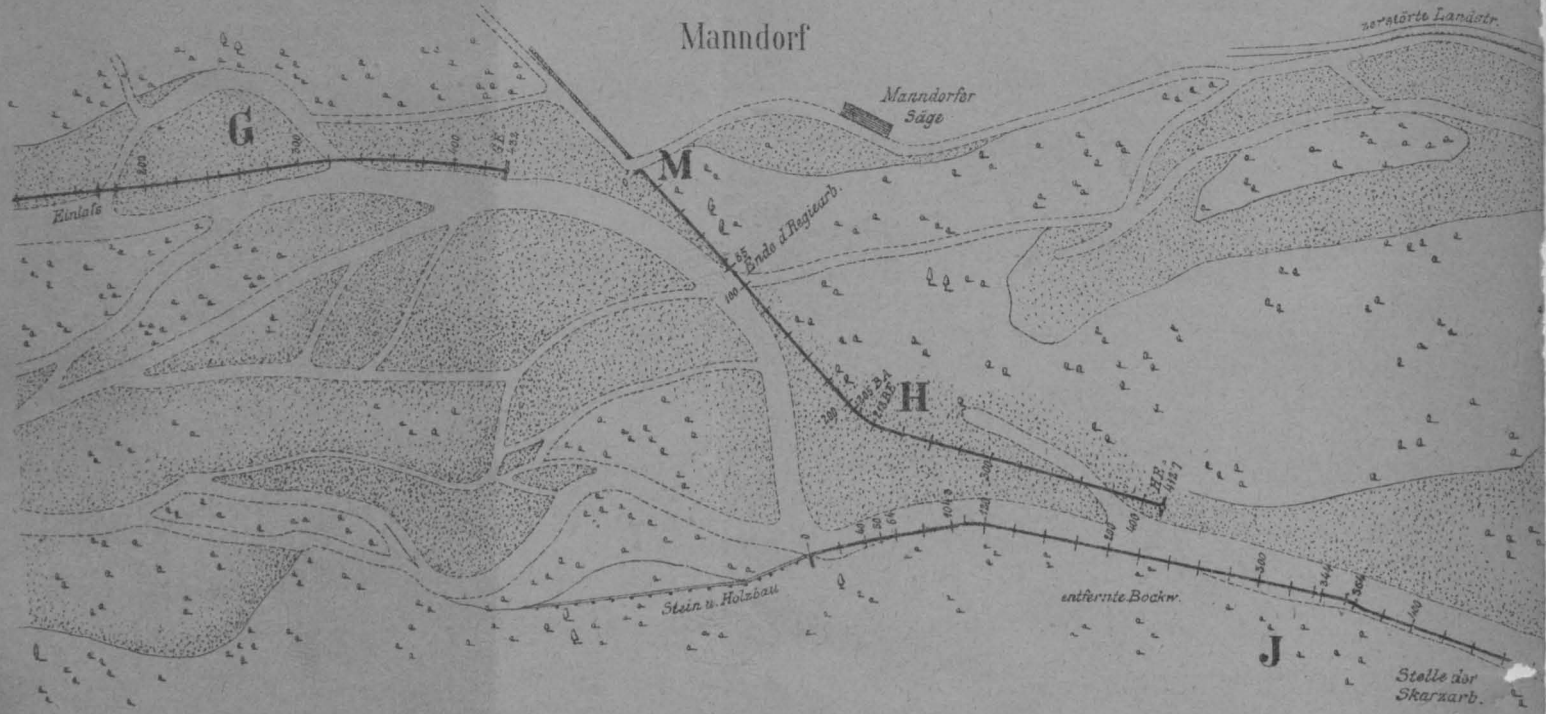
Kötse

Wetzmann



Mauthen

Manndorf



Projectirte Thalsperre bei der
Nase im Lessachthale

Fixpunkt im Fels

Betonirung

Längen 1:2000
Höhen 1:500

Fixpunkt 80.0

100

50

150

250

Fig. 2

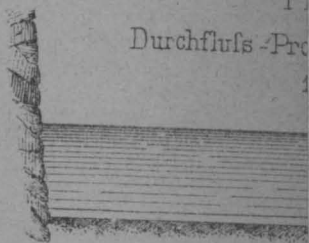


Fig. 3.
Osselitzen-Thalsperre.

The map shows the Höfling river flowing from the top left towards the bottom right. A proposed dam site is marked with a thick line across the river. The area is divided into sections labeled K and L. The Gail-Fluss is shown as a tributary on the left. The Höflinger Bach joins the main river from the right. A Landes-Strasse (state road) runs parallel to the river. The St. Danister Steindamm is located further downstream. A detailed cross-section of the dam is shown on the right, labeled 'Fig. 3. Osselitzen-Thalsperre.' The cross-section shows the dam structure, the riverbed, and the surrounding terrain. The dam is labeled 'Das bestehende Bachbett' and 'Das bestehende Pflaster'. The riverbed is labeled 'Beton' and 'ansteigender Schotter'. The dam is labeled 'Das jetzige Bachbett'.

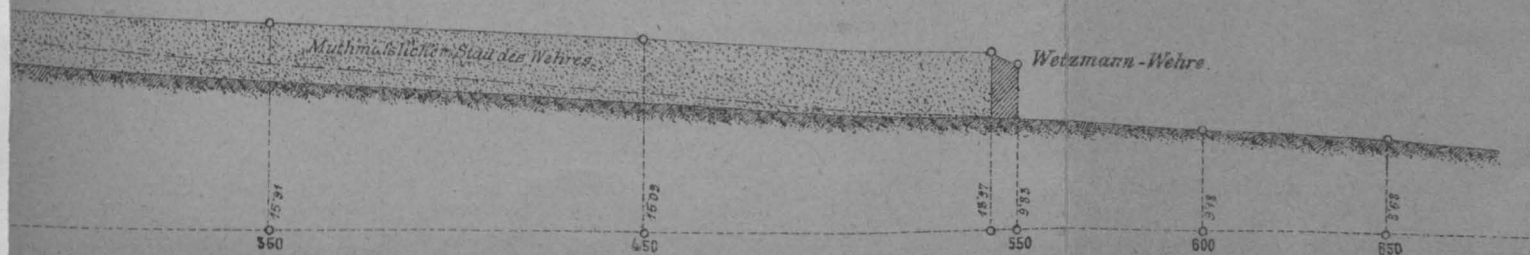
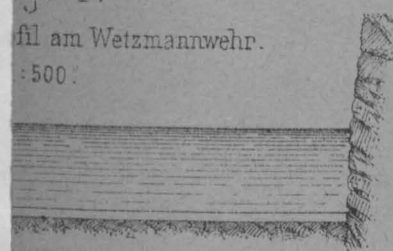
Fig. 3.

Osselitzen-Thalsperre.

Fig. 4.

fil am Wetzmannwehr.

: 500 :

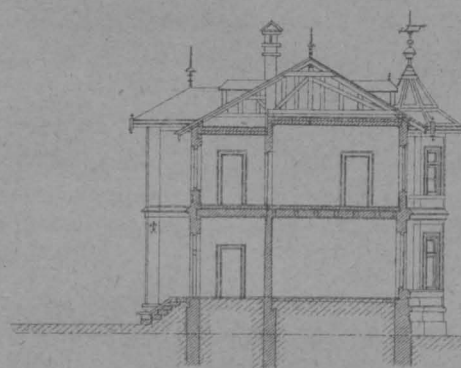


WOHNHAUS DES HERRN M. DIAMANT
IN BRUCK $\frac{1}{2}$ MUR.
ARCHITECT M. HINTRÄGER

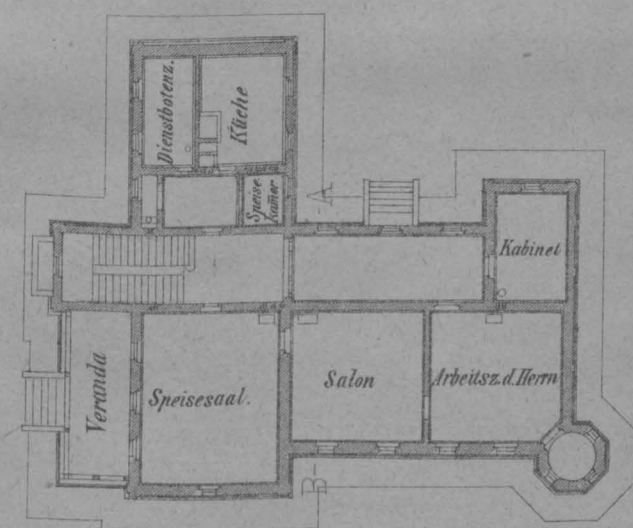
Façade



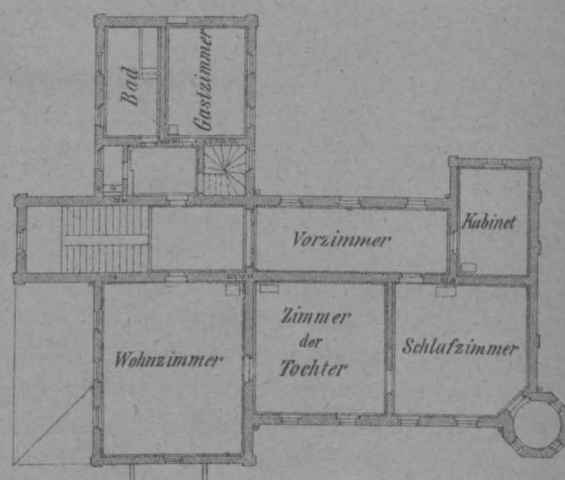
Profil AB



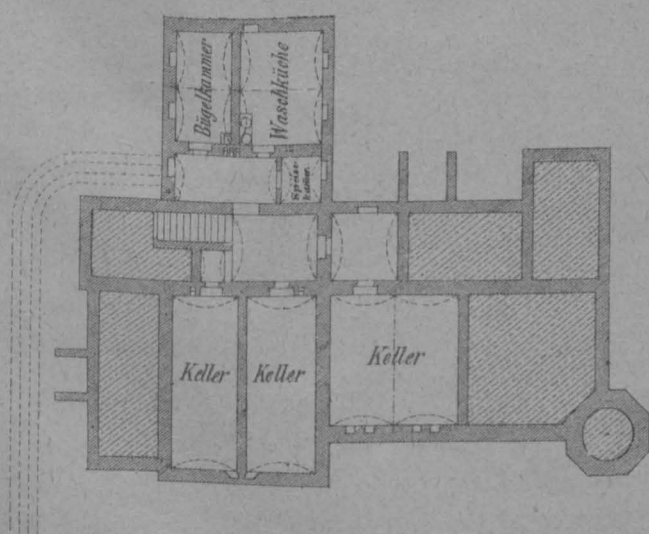
Parterre.



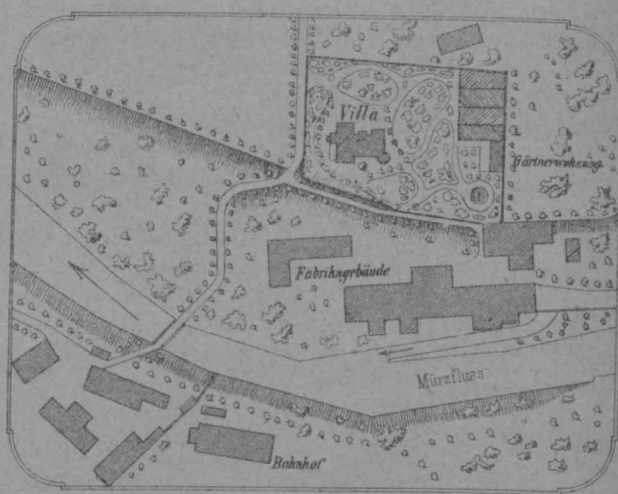
I Stock.



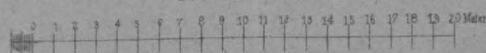
Souterrain.



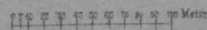
Situation.



Maßstäbe



Für die Situation.



WOHNHAUS DES HERRN M. DIAMANT IN BRUCK $\frac{1}{2}$ MUR.
ARCHITECT M. HINTRÄGER.

